UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS

MÉMOIRE D'ÉTUDIANT

CASE POSTALE 6128, STATION A, MONTRÉAL, QUÉBEC, H3C 3J7

LES MODELES DE DESIGN EN AMENAGEMENT URBAIN ET REGIONAL

par

Christian Lardinois

Rapport de travail dirigé (AME 6910) présenté en vue de l'obtention de la maîtrise en aménagement.

Université de Montréal
Publication # 64 - Centre de recherche sur les transports
Mars 1977

REMERCIEMENTS

Je remercie vivement le Professeur J.Paris pour ses diverses suggestions et pour avoir accepté la direction de ce mémoire. Mes remerciements vont également aux Professeurs I.Gabbour et R.Lévy qui ont bien voulu commenter et évaluer mon travail. Enfin,je suis reconnaissant au Professeur M.Los d'avoir aussi accepté de faire partie du jury et de m'avoir donné la possibilité de participer à un projet d'étude au Centre de Recherche sur les Transports de l'Université de Montréal,travail utilement lié à l'objet de ce mémoire.

RESUME,METHODE DE TRAVAIL ET AVERTISSEMENTS

Depuis une trentaine d'années environ,de nombreux modèles mathéma-
-tiques ont été imaginés afinn de constituer l'un des supports scientifiques et techniques de la planification urbaine.
Les MODELES DE DESIGN,qui sont les derniers nés parmi ces outils, constituent le sujet de ce mémoire.
Leur développement récent est le résultat de la constatation suivante:

> Il existe un écart important entre la capacité des modèles actuels qui est surtout de simuler différents aspects du système urbain (ce qui en fait des modèles de prévision)et la tâche essentielle des planificateurs qui est la production de plans,c'est à dire plus précisément la conception,le "design" du développement physique des villes (et régions).

Ce mémoire est divisé en trois parties.

Dans la première,le cadre théorique est posé en quatre étapes.

Le premier chapitre souligne tout d'abord le rapport entre l'approche choisie ici pour la planification urbaine et les approches utilisées dans d'autres domaines.L'accent est mis sur la dimension systémique des modèles utilisés en aménagement.Le domaine d'étude,le champ des modèles de design (modèles de planification) auxquels je me suis intéressé est donc immédiatement précisé:il s'agit du système urbain et régional.Ce système a sa propre dynamique interne,laquelle n'abou-
-tit pas nécessairement à satisfaire intérêts privés et intérêt collectif.D'où la nécessité de planification dont l'objectif,d'une façon générale,est la maîtrise du développement de ce système com-
-plexe.Dans ce système,une relation est fondamentale:c'est celle qui existe entre l'utilisation du sol et le réseau de transport.

Le second chapitre décrit le processus théorique complet de planifi-
-cation et situe les modèles de design dans ce processus.Ces modèles sont très récents et on les confond souvent avec ceux auxquels j'ai fait allusion ci-dessus et qu'on appelle les modèles de prévision.

La distinction entre ces deux types de modèles est longuement analysée et discutée;elle traduit en fait une confusion plus large entre Science et Profession.

Le troisième chapitre développe une large réflexion d'ordre conceptuel et méthodologique.La nature,le rôle,les difficultés,les caractéris--tiques spécifiques des modèles de design sont progressivement précisés.La logique propre à ces modèles est mise en évidence;c'est une logique de conception,une logique normative et plus précisément d'adaptation.Cette analyse vise à mieux saisir les propriétés carac--téristiques de cette logique de conception,pour finalement faire apparaître davantage la façon avec laquelle devrait être conçu et organisé un modèle de design.Quelques problèmes propres à toute modélisation sont ensuite discutés:le problème du langage (formalisa--tion),le problème de l'objectivité compte tenu des implications du designer et le problème plus général de l'adéquation du modèle à la réalité.Une tentative est alors engagée en vue de caractériser l'attitude particulière que suppose l'élaboration et l'utilisation d'un modèle de design.

Le quatrième chapitre complète cette première partie en précisant les principaux critères qui devraient guider l'élaboration d'un modèle de design.

La seconde partie du mémoire est très brève;elle se réfère au cadre politique,professionnel et économique dans lequel les modèles de planification auraient un rôle à jouer.Une analogie avec les insti--tutions et les organisations économiques est avancée de façon à mieux faire apparaître quel type de discours devrait entourer ces modèles pour qu'ils soient effectivement pris en considération.

Enfin,la troisième partie réalise la synthèse des modèles existants et,aux moments opportuns,signale quelques améliorations ou complé--ments personnels.Les diverses méthodes sont présentées et critiquées. Les méthodes d'optimisation apparaissent aujourd'hui comme les plus développées et les plus prometteuses.En fait,parmi ces méthodes,ce sont surtout les "procédures d'exploration" qui sont les plus inté-

-ressantes parce que les mieux adaptées à la réalité du système urbain et aux types de problèmes qui se posent.Ces procédures se divisent en deux grandes catégories:les méthodes exactes et les méthodes heuristiques;elles seront largement présentées et finale--ment illustrées par un modèle de planification intégrée de l'uti--lisation des sols et du réseau de transport,ce qui permet de réaliser le lien avec le premier chapitre de la première partie.

La méthode de travail qui fut adoptée pour ce mémoire est pratique--ment l'inverse du fil conducteur qui a guidé la rédaction.Dans une première phase,mon travail a consisté à prendre connaissance des modèles existants;cette étude fut suivie d'une analyse plus poussée de quelques méthodes mathématiques auxquelles font appel certains des modèles en question.Dans une seconde phase,je me suis efforcé d'encadrer mon étude par des lectures et une réflexion personnelle sur les concepts,attitudes et implications qui soustendent l'élabo--ration et l'utilisation des modèles urbains,ce qui m'a conduit à me pencher plus précisément sur l'activité de conception comme l'un des aspects de "l'intelligence artificielle".Enfin,parallèlement à ces deux études,j'ai eu l'occasion de m'impliquer davantage en tra--vaillant quelques temps au Centre de Recherche sur les Transports de l'Université de Montréal;cette troisième phase a notamment fait apparaître l'utilité qu'aurait une étude poussée des rapports entre les modèles urbains et la pratique décisionnelle des opérations d'aménagement.

Avertissements.

L'objectif de ce mémoire est double:

1. Développer une réflexion générale d'ordre conceptuel et méthodo--logique sur la nature et le rôle des modèles de design en aména--gement urbain (et régional),ainsi que sur les multiples problèmes que posent leur création et leur utilisation.
2. Réaliser une synthèse critique des modèles de design existants.

Dans le cadre du premier objectif,le mémoire ne vise pas à défendre une thèse particulière;il se veut,avant tout,une identification de thèmes de réflexion et une tentative de clarification de ceux-ci.

Au fur et à mesure que ma réflexion personnelle évoluait,je me suis rendu compte de l'extrême corrélativité des problèmes abordés;les questions se chevauchaient,chaque interrogation en faisait automa--tiquement apparaître de nouvelles.J'ai tenté de structurer ce mémoire en séparant autant que possible les différents thèmes abordés,mais du fait même des implications réciproques entre ces thèmes,il ne faut pas s'étonner de constater que les questions envisagées dans un paragraphe se retrouvent dans un autre.

PLAN

I.LE CADRE THEORIQUE

I.1.DOMAINE D'ETUDE:LE SYSTEME URBAIN.

I.1.1.INTRODUCTION.POURQUOI SOULIGNER D'ABORD LA NOTION DE SYSTEME?
I.1.2.POSITION DU PROBLEME.
   I.1.2.1.Le Système Fonctionnel Urbain.
   I.1.2.2.La Dynamique Interne du Système Urbain.
   I.1.2.3.La Nécessité de Planification.

I.2.LE PROCESSUS THEORIQUE COMPLET DE PLANIFICATION.

I.2.1.UN PROCESSUS CYCLIQUE.
I.2.2.LES MODELES DE DESIGN ET LES MODELES DE PREVISION.
   I.2.2.1.Introduction.
   I.2.2.2.Remarque.
   I.2.2.3.Distinction entre Modèles de Design et Modèles de Prévision.

I.3.REFLEXION D'ORDRE CONCEPTUEL ET METHODOLOGIQUE.

I.3.1.DIFFICULTES INHERENTES A LA PHASE DE DESIGN.
I.3.2.QU'EST-CE QU'UN MODELE DE DESIGN?
I.3.3.LA LOGIQUE DE CONCEPTION INTERNE.
   I.3.3.1.Les Fonctions Essentielles d'un Modèle de Design.
   I.3.3.2.Analyse du Processus de Conception et de sa Logique Interne.
      I.3.3.2.1.Une logique d'adaptation,une logique normative.
      I.3.3.2.2.Informations efférentes et afférentes.
      I.3.3.2.3.Découpage de l'ensemble objet-problème.
      I.3.3.2.4.Découpage,structuration et hiérarchisation du processus logique.
I.3.4.LE PROBLEME DU LANGAGE.
   I.3.4.1.Représentation de l'Ensemble Objet-Problème.
   I.3.4.2.Représentation du Processus de Conception.
   I.3.4.3.Conclusion et Précisions.
I.3.5.OBJECTIVITE/IMPLICATIONS DU DESIGNER.
I.3.6.ADEQUATION DU MODELE A LA REALITE.
I.3.7.TROIS DIMENSIONS CARACTERISTIQUES DES MODELES DE DESIGN.

I.4.CRITERES DE QUALITE D'UN MODELE DE DESIGN.

II.LES MODELES DE PLANIFICATION ET LA REALITE PROFESSIONNELLE ET POLITICO-ECONOMIQUE.

III.LES MODELES EXISTANTS.

III.1.PRESENTATION GENERALE DES MODELES DE DESIGN EXISTANTS.

III.1.1.APPROCHE PAR DECOMPOSITION.
III.1.2.APPROCHES DE NATURE STRUCTURALISTE.
   III.1.2.1.Approche par les Contraintes.
   III.1.2.2.Approche par Optimisation.

III.2.OPTIMISATION A L'AIDE DE PROCEDURES D'EXPLORATION.

III.2.1.GENERALITES.JUSTIFICATION.
III.2.2.PRESENTATION DES PROCEDURES D'EXPLORATION.
III.2.3.PROCEDURES EXACTES D'EXPLORATION.
III.2.4.PROCEDURES HEURISTIQUES D'EXPLORATION.

III.3.LES PROBLEMES DE PLANIFICATION DE L'UTILISATION DES SOLS ET DU RESEAU DE TRANSPORT.

III.3.1.GENERALITES.
III.3.2.MODELE DE PLANIFICATION INTEGREE SOLS/TRANSPORT.

ANNEXE.

CONCLUSION.

I.LE CADRE THEORIQUE

I.1.DOMAINE D'ETUDE:LE SYSTEME URBAIN

I.1.1.INTRODUCTION.POURQUOI SOULIGNER D'ABORD LA NOTION DE SYSTEME?

A l'origine de ce travail,il y avait la volonté de prendre connais--sance des modèles utilisés en aménagement urbain et régional.Cons--tatant,au travers de mes lectures,que ces modèles font appel,impli--citement ou explicitement,aux notions de structure,d'interaction, de fonction...,cette optique "systémique" s'est peu à peu imposée à mon esprit.Engager ce mémoire par la notion de système n'est donc que le résultat de mes lectures sur les modèles en général,ainsi que dans d'autres domaines,comme le suggèrent les quelques lignes suivantes.

Depuis une trentaine d'années environ,diverses propositions ont été avancées pour regrouper certaines approches,dans les disciplines les plus diverses,sous l'expression "théorie générale des systèmes". Il est difficile de caractériser en quelques mots cette nouvelle "science".D'une façon générale,l'approche par les systèmes consiste avant tout à considérer "une chose",un corpus,comme constitué de composantes qui existent ensemble pour le tout.Dans un système,le tout est plus que la somme des parties.Cette approche est plus une façon de voir qu'une théorie en tant que telle.Son objectif est d'orienter l'attention sur les composantes et leurs rôles dans le tout,leur position,leur influence et leurs relations réciproques. Il ne s'agit donc nullement d'envisager une ou plusieurs parties d'un certain corpus à l'exclusion des autres,mais au contraire de porter son intérêt sur les relations qu'entretiennent les "choses" que l'on peut identifier ou définir dans un même ensemble.L'appro--che par les systèmes utilise souvent les notions de niveaux,ainsi que les idées propres à la cybernétique (notions d'information, d'input et output,de feedback etc...).
Les personnalités les plus engagées dans la théorie des systèmes sont L.V.Bertalanffy,R.L.Ackoff,G.A.Miller,H.A.Simon...

L'approche par les systèmes manipule constamment aussi les notions de structure et de fonction,lesquelles ont donné naissance à deux autres mouvements de pensée (réf.29).

L'hypothèse structuraliste peut se résumer ainsi:"La complexité de bien des structures est fondée sur une simplicité sous-jacente et résulte d'une combinatoire d'éléments".Cette hypothèse se retrouve dans les disciplines les plus diverses,en biologie,dans les sciences humaines,en linguistique,en anthropologie,dans la création artisti-que,en urbanisme (N.Chomsky,C.Lévi-Strauss,Vasarely,C.Alexander, R.Venturi,Chermayeff,...) etc...

L'hypothèse fonctionaliste se retrouve également dans ces nombreux domaines.La notion de fonction,d'une façon générale,fait référence à la raison d'être d'un composant dans une certaine globalité.En linguistique par exemple,la fonction d'une phrase (c'est à dire d'un ensemble de mots associés à l'aide d'une grammaire,d'une syntaxe, d'une combinatoire) est sa signification dans un contexte déterminé. En biologie,la fonction d'une structure vivante est de se reproduire.

"La dialectique structure-fonction,ou syntaxe-sémantique,est au coeur de bien des activités humaines,naturelles ou artificielles.Jean Piaget l'a amplement démontré dans son étude du développement de l'intelligence chez l'enfant,puis chez l'adolescent.Christian Norberg-Schulz l'a montré pour l'architecture (réf.36 et 42).

Il faut conclure que ce n'est pas l'approche par les systèmes (je regrouperai sous cette expression,pour plus de simplicité,les différentes notions auxquelles j'ai fait allusion ci-dessus,en utilisant un terme ou un qualificatif plus précis lorsque cela s'avè-rera utile) qui,en aménagement,aboutit à l'élaboration de modèles: c'est la production croissante de modèles,de tous genres et aux objectifs les plus variés,et la publicité faite autour des travaux de certains des plus grands penseurs de notre temps qui ont fait prendre conscience que les problèmes attachés à "l'Urbain" reposent

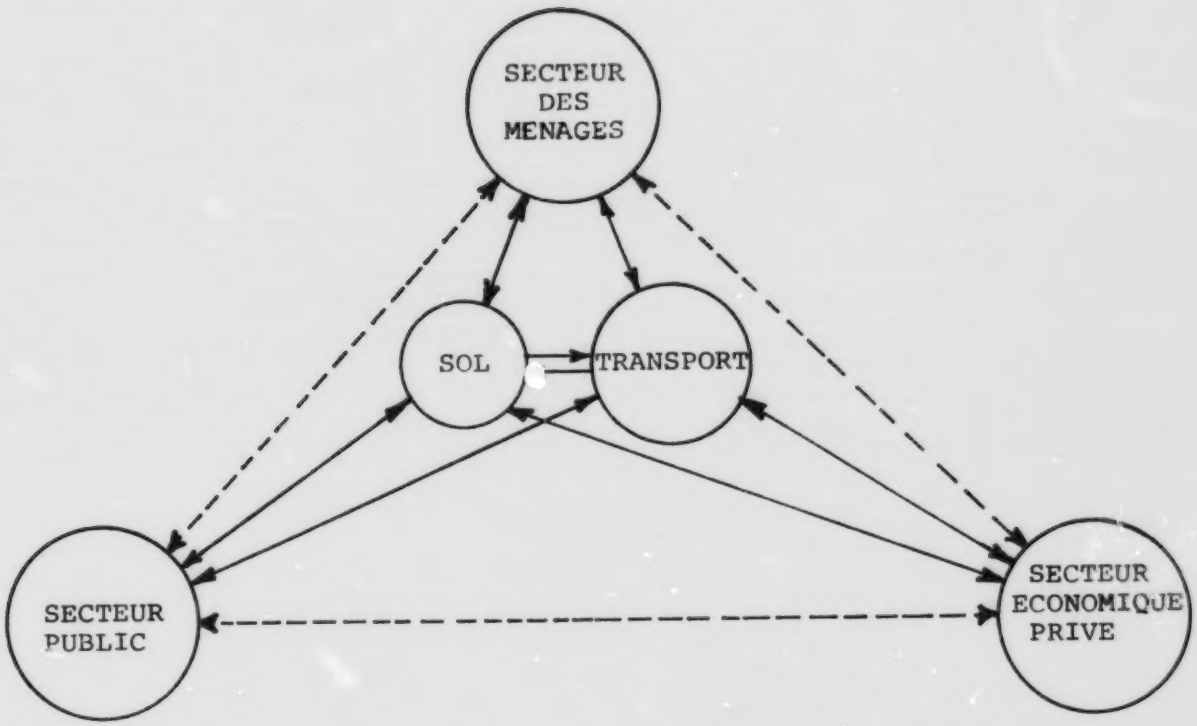
en grande partie sur l'étude des relations,des structures...,bref relèvent d'une approche systémique.
Cette optique systémique s'étant peu à peu imposée à mon esprit,il m'a semblé plus logique d'en faire état dès le début de ce rapport et de la laisser orchestrer les premiers mouvements d'une réflexion générale,plutôt que faire d'abord une revue des modèles existants en faisant abstraction de cette optique pourtant fondamentalement présente.C'est la raison pour laquelle la synthèse des modèles existants n'apparaît qu'à la fin de ce mémoire,après qu'ait été développé le cadre théorique.

I.1.2.POSITION DU PROBLEME.

I.1.2.1.Le Système Fonctionnel Urbain.(réf.29)

Le système urbain (et régional) est essentiellement complexe en ce sens qu'il est constitué d'un grand nombre d'éléments qui inter--gissent de façon complexe.Un tel système peut être "partitionné" de nombreuses façons en sous-ensembles qui,à leur tour,peuvent être divisés en sous-systèmes...De même,les relations que l'on fait apparaître peuvent être de natures très diverses.Sur quels principes ce découpage peut-il être réalisé?
D'une part,il y a toujours une décision arbitraire qui intervient à un moment donné pour choisir le sous-système que l'on définit comme élémentaire.D'autre part,parmi les diverses relations que l'on peut identifier,il faut choisir celles auxquelles on attache une importance,une signification particulière.
Les sous-systèmes élémentaires peuvent être des parcelles du sol ou des ménages de différents types.Une forme de relation entre ces sous-systèmes est par exemple l'occupation des parcelles du sol par les ménages.

Globalement,le système fonctionnel urbain peut être défini comme le jeu des interactions entre trois sous-systèmes:le secteur économique privé,le secteur des ménages et le secteur public.



Ce découpage en vaut un autre,mais il a l'avantage de correspondre à une certaine réalité socio-économique et à un langage courant. D'autre part,il présente l'intérêt de faire apparaître de façon simple la notion d'échange:

Ces trois secteurs entretiennent des échanges qui caractérisent assez bien les activités urbaines,quotidiennement et à long terme. Une large part de ces échanges,de ces interactions est immatérielle; il s'agit de celle qui est canalisée par les média de communication. Par contre,une autre partie de ces échanges exige un contact direct, face à face,ou encore le mouvement de certains biens.Ces mouvements "physiques" ont lieu par le canal du réseau de transport.
D'autre part,les secteurs socio-économiques en question sont en compétition pour l'occupation de l'espace (le marché foncier est le résultat de cette compétition).En fait,l'espace,le sol intervient à la fois comme site pour les activités des différents secteurs et comme barrière entre les activités qui exigent des échanges physi--ques.L'espace,en tant que barrière,n'est pas neutre:la proximité de deux activités peut se traduire par des externalités négatives

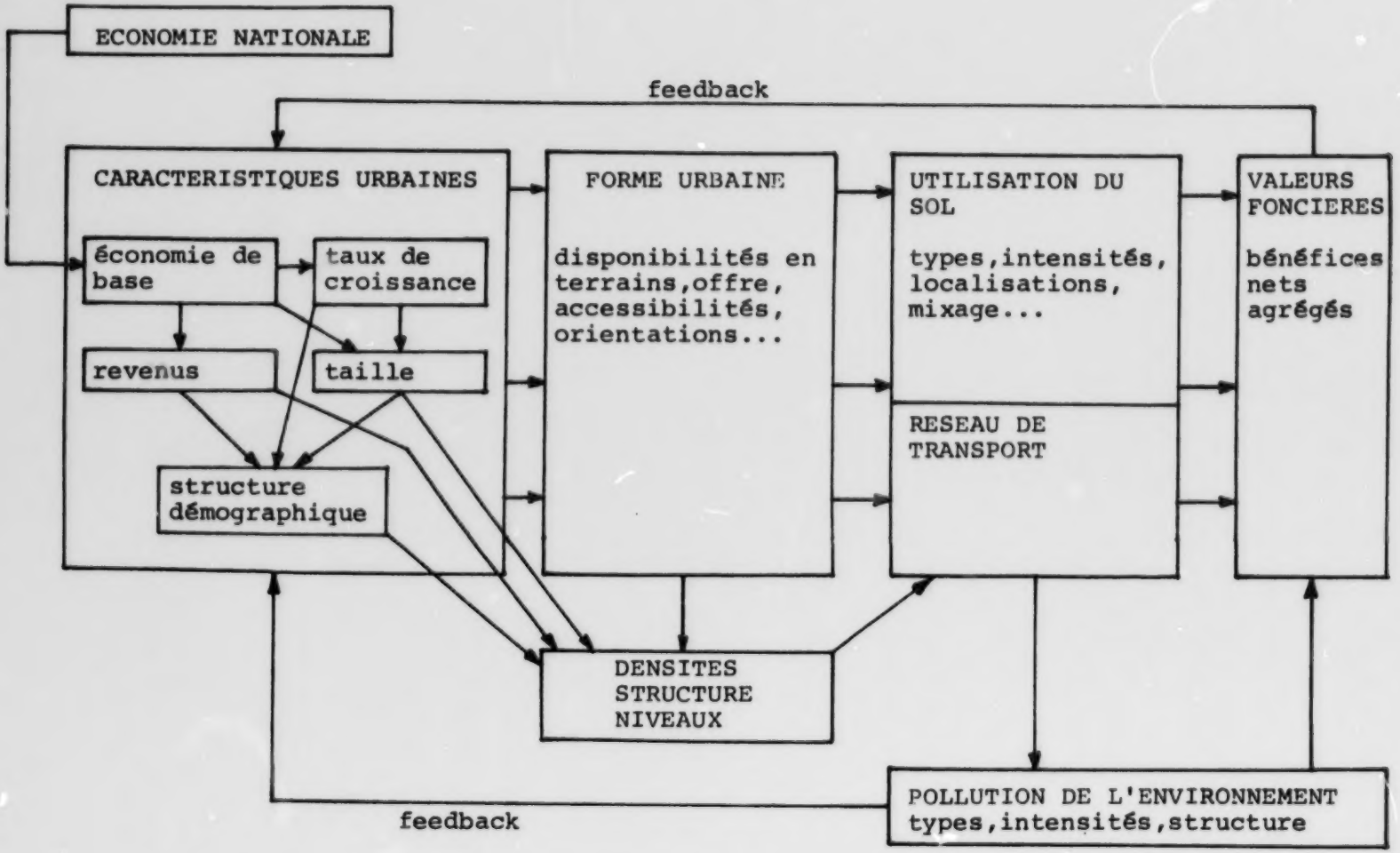
ou positives,c'est à dire par des inconvénients ou des avantages. Par exemple,les centres de recherche ont avantage à être situés près des activités universitaires,les zones commerciales près des zones résidentielles...Au contraire,les industries polluantes situées près des zones d'habitat conduisent à des externalités négatives.

Tel qu'envisagé jusqu'ici,le milieu urbain et régional apparaît comme la superposition de deux découpages,de deux systèmes fonction--nels:le découpage socio-économique qui définit les trois secteurs ménages-économique privé-public,et le découpage spatial auquel correspond le secteur utilisation du sol et le secteur transport. Ces deux systèmes ont chacun leurs propres interactions internes et ils entretiennent l'un avec l'autre des interactions que traduisent

-la compétition pour l'occupation du sol;
-les échanges physiques par le canal du secteur transport;
-l'espace comme barrière des échanges physiques.

I.1.2.2.La Dynamique Interne du Système Urbain.

Le découpage qui vient d'être proposé est purement statique;il caractérise un aspect de la vie urbaine,quotidiennement et à long terme,mais il ne reflète aucunement la dynamique évolutive du milieu urbain (et régional).
Le modèle schématique qui suit,extrait d'un ouvrage américain (réf. 6),me paraît rendre compte assez clairement des mécanismes fondamen--taux qui sont à la base du développement urbain et régional.
D'autre part,parallèlement aux deux notions essentielles que manipu--lent les modèles dont je parlerai,à savoir l'utilisation du sol et le réseau de transport,ce schéma présente l'avantage de faire apparaître un troisième critère qui,de plus en plus,intervient dans le jugement des politiques de développement:la pollution de l'envi--ronnement.
Ce schéma définit la zone urbaine (et régionale) comme une entité dont les propriétés caractéristiques (taux de croissance,revenus, taille et structure démographique) sont directement dérivées de son


ECONOMIE NATIONALE
feedback
CARACTERISTIQUES URBAINES
économie de base
taux de croissance
revenus
taille
structure démographique
FORME URBAINE
disponibilités en terrains,offre, accessibilités, orientations...
UTILISATION DU SOL
types,intensités, localisations, mixage...
RESEAU DE TRANSPORT
VALEURS FONCIERES
bénéfices nets agrégés
DENSITES
STRUCTURE
NIVEAUX
POLLUTION DE L'ENVIRONNEMENT
types,intensités,structure
feedback

fonctionnement économique de base,celui-ci étant déterminé "exté--rieurement" par la situation de la zone urbaine dans l'économie nationale.Ces propriétés de base induisent une certaine demande pour l'utilisation des sols.Cette demande conduit à un type particulier, complexe et diversifié d'utilisation des sols,après filtrage au travers de la "forme urbaine",laquelle est déterminée historiquement et contrôle la disponibilité,l'offre en terrains,les accessibilités etc...,c'est à dire finalement les densités,la structure urbaine et les niveaux d'activités,bref,l'ensemble de l'utilisation du sol et du réseau de transport.Cet ensemble,à son tour,détermine la structure et l'intensité des différents types de pollution.Les "bénéfices nets agrégés" de la vie urbaine sont alors "capitalisés" sous la forme de valeurs foncières,et finalement,à la fois ces valeurs foncières et la pollution affectent,par feedback,l'ensemble des caractéristiques urbaines et le rôle de la région dans l'économie nationale.

I.1.2.3.La Nécessité de Planification.

Des paragraphes précédents,il apparaît que le système urbain est fondamentalement influencé par la relation réciproque entre l'utili--sation du sol et le réseau de transport (et la dégradation de l'environnement entretient prallèlement des relations également réciproques avec ces deux "secteurs").Ces diverses interactions se marquent,je l'ai déjà suggéré plus haut,sous la forme d'externalités positives ou négatives qui affectent directement ou indirectement la qualité de la vie urbaine et régionale.(réf.15 et 57)

Trois constatations doivent alors être faites:

A.Il n'y a aucune raison,à priori,pour que les mécanismes de base du système urbain aboutissent naturellement à des "formes urbaines" qui soient satisfaisantes pour la collectivité.
B.Les décisions indépendantes des différents acteurs ne sont contrô--lées que dans le cadre institutionnalisé des processus de marché, mais ces processus ne tiennent pas compte de toutes les externalités. L'avantage que tire un centre commercial,par exemple,de la création

d'une autoroute dans son voisinage n'est absolument pas envisagé. L'industriel qui déverse ses déchets gazeux dans l'atmosphère ne fournit aucun dédommagement puisque le système de prix n'attache aucune mesure financière à l'utilisation de l'air comme réceptacle des polluants.La spéculation foncière,qui peut soudain accroître la valeur de certaines zones au détriment des autres n'est pas considérée,etc...

C.Rien ne permet d'affirmer que ces mécanismes de base soient globa-lement économiques.

Ainsi donc apparaît la nécessité de planification,devenue indispen-sable à partir du moment où

- l'existence d'externalités aboutit à des situations loin d'être optimales ou même satisfaisantes pour la collectivité;
- ces externalités font échouer les mécanismes de marché;
- une rationalité globale est souhaitée de la part des autorités gouvernementales,surtout dans les périodes de récession sévère comme celle que la plupart des pays traversent actuellement.

Cette planification a pour objectif la maîtrise du système urbain; son rôle est d'orienter son évolution,son développement,et dans ce but,elle doit faire porter son attention sur les articulations de ce système complexe.

I.2.LE PROCESSUS THEORIQUE COMPLET DE PLANIFICATION.

La planification urbaine est une forme de design.Ce dernier consiste, d'une façon générale,à déterminer un ensemble de décisions qui satis-font certains objectifs dans un contexte donné.La conception d'un

fauteuil,d'un bâtiment,d'une œuvre musicale,d'une ville,d'un pro-
-gramme économique d'exportation,...sont autant de problèmes de
design.

I.2.1.UN PROCESSUS CYCLIQUE.(réf.3,29,37,38 et 39)

Les phases principales d'un processus théorique complet sont les
suivantes:
A.DEFINITION DES OBJECTIFS.
B.INVENTION,GENERATION DE PLUSIEURS PLANS POSSIBLES.
C.PREVISION DES CONSEQUENCES DE CHACUNE DES ALTERNATIVES.
D.EVALUATION DES CONSEQUENCES ET CHOIX D'UN PLAN.

Ce processus est fondamentalement cyclique,ce qui revient à dire que
ces différentes phases sont non seulement dépendantes les unes des
autres,mais qu'elles sont succesivement "mises en fonctionnement" au
sein de cycles divers et multiples.Par exemple,il peut y avoir une
boucle de rétroaction de C vers B;plusieurs étapes,B, C et D par
exemple,peuvent être effectuées simultanément.
Chaque étape constitue pour le planificateur un problème difficile
à résoudre;cependant,les difficultés liées à ces différentes étapes
sont de nature différente.En gros,la phase de définition des objectifs
et la phase d'évaluation/choix sont surtout de nature culturelle,
idéologique et politique.(Par évaluation des conséquences,j'entends
évaluation relative,choix politique des conséquences auxquelles on
attribue une grande importance et de celles que l'on néglige;il
s'agit donc d'une pondération).Par contre,les phases de génération
d'alternatives et de prévision des conséquences de chacune d'elles
sont surtout de nature technique et relèvent du planificateur.
Bien sûr,il se peut fort bien que le planificateur intervienne dès
le début de ce processus,et même dans des phases antérieures (voir
ci-dessous),mais son intervention ne devient à proprement parler
technique que pour les phases B et C (éventuellement pour la phase
D,voir I.2.2.2.).
Dans le cadre d'un problème d'aménagement global et étendu dans le

temps,le processus complet est en fait lui-même bien plus large:

INITIALISATION	énonciation première du problème;cette phase est cruciale;elle met en jeu le client (commanditaires et utilisateurs),le contexte et le domaine du problème; elle peut-être le résultat d'une demande,d'une crise, d'une politique particulière,etc...
↓	
PROGRAMMATION	identification des éléments essentiels du problème (intentions,contraintes...);cette phase est une pré--cision de la précédente;
↓	
STRUCTURATION	analyse structurante du problème devant aboutir à l'identification des points forts,des directions,des sous-problèmes...
↓	
PLANIFICATION	DEFINITION DES OBJECTIFS GENERATION D'ALTERNATIVES DE PLANS PREVISION DES CONSEQUENCES DE CHAQUE PLAN EVALUATION ET CHOIX D'UN PLAN
↓	
IMPLANTATION	réalisation effective des décisions correspondant au plan qui a été choisi;
↓	
UTILISATION	

Encore une fois,je rappelle que tout ce processus doit être cyclique.

A la double complexité technique du processus de planification (phases de génération et de prévision) correspondent deux types de méthodes quantitatives:

I.2.2.LES MODELES DE DESIGN ET LES MODELES DE PREVISION.

I.2.2.1.Introduction.

Les difficultés que présente la conception du développement urbain sont multiples et l'on sait que ces difficultés,conjuguées avec de vieilles habitudes,ont conduit à l'affirmation que la planification urbaine relève avant tout de l'art,de l'expérience,de la politique et qu'aucune approche scientifique n'est possible.La phase de généra--tion de plans est ainsi traditionnellement abordée comme un problème d'invention "artistique",où l'intuition et l'expérience jouent un rôle primordial.

Aujourd'hui cependant,de nombreuses recherches amènent à constater qu'une approche scientifique est possible,aboutissant à une forme de rationalité limitée:il s'agit des instruments de planification qu'on désigne sous le nom de MODELES.

A la phase d'invention,de génération-PHASE DE CONCEPTION PROPREMENT DITE-,correspondent les MODELES DE DESIGN ("normative land use models"). A la phase de prévision des conséquences des plans,correspondent les MODELES DE PREVISION.

LES MODELES DE DESIGN font l'objet de la suite de ce travail.On les appelle aussi modèles de planification.Il faut donc dès à présent faire la distinction suivante:les modèles de prévision sont des outils utilisés dans le processus de planification global,mais ils ne sont pas (voir la suite du texte) des modèles de "planification" parce que l'opération qu'ils réalisent n'est précisément pas une opération de "planification" proprement dite.Dans la suite,j'utiliserai indifféremment les expressions "modèles de design","modèles de plani--fication" ou "modèles normatifs" pour désigner les modèles relatifs à la phase de génération de plans (solutions).

La distinction entre les deux types de modèles étant,à mon sens, très importante (distinction délicate et conduisant souvent à confu--sion parce que les années passées nous ont fourni des modèles mal définis),elle fera l'objet du paragraphe I.2.2.3.Cette analyse four--nira,par la même occasion,une première identification de la nature et du rôle des modèles de design.

I.2.2.2.Remarque.

La phase d'évaluation des conséquences des alternatives de plans et de choix de l'une d'elles est surtout de nature politique,mais certaines techniques mathématiques voient également le jour en ce domaine.
Cette phase a pour objectif l'évaluation des conséquences en fonction des objectifs formulés au départ (on referme la boucle).Ces objectifs

traduisent un certain nombre de critères,de nature très variée. Plusieurs parmi ces critères ont été pris en compte au niveau de la phase de génération;mais cette phase se voulant une recherche de bonnes solutions dans un contexte simplifié (voir ce qui suit),tous les critères n'ont pas pu être pris en compte par cette phase;ceux qui n'ont pas été retenus interviennent alors au niveau de la phase d'évaluation/choix pour juger de l'importance des diverses conséquences mises à jour par la phase intermédiaire de prévision.En d'autres termes,la phase d'évaluation/choix exige une pondération relative des différents critères de jugement.Des méthodes systématiques peuvent également aider le planificateur en ce domaine;il s'agit notamment des méthodes d'évaluation multi-critères et des méthodes coûts-avantages.

I.2.2.3.Distinction entre Modèles de Design et Modèles de Prévision.

Dans l'ensemble des plans de développement possibles,un modèle de design a pour rôle de choisir une ou plusieurs "bonnes solutions", c'est à dire en fait,de concevoir et produire un ou plusieurs plans satisfaisants des objectifs et des contraintes définis à priori. Ces plans ou esquisses de plans doivent alors servir de point de départ à la phase de prévision des conséquences,c'est à dire consti--tuer les inputs des modèles de prévision dont la fonction est de réaliser une analyse plus complète,plus fine des diverses conséquences d'une proposition de plan.

En d'autres termes,les modèles de design sont nécessaires parce qu'il est inutile de raffiner les méthodes de prévision des conséquences si l'on n'a pas,au préalable,exploré l'espace des solutions possibles à l'aide de méthodes systématiques.Tel est le rôle des modèles de design: rationaliser et systématiser l'exploration de l'espace des solutions possibles pour en extraire les "meilleures" qui servent alors de point de départ à une analyse plus fine,réalisée par exemple à l'aide de modèles de prévision.Les plans ou esquisses de plans,que sont les outputs de la phase de design,doivent être assez différentes structurellement pour justifier chacune d'une évaluation plus détaillée

qui porterait notamment sur d'autres critères que ceux pris en compte par le modèle de design.

Il existe actuellement peu de modèles de design.Une synthèse critique en sera donnée en III.L'explication de cette rareté réside sans doute dans la défiance des chercheurs vis à vis de la systématisation du processus même de conception,toujours présenté comme une "boîte noire" qui,par quelques mécanismes obscurs,quelques transformations complexes, artistiques ou intellectuelles...,produit une (rarement plus) solution toute faite dont la justification et l'explication sont données a posteriori, le plus souvent en termes éloquents mais dont la relation profonde avec le plan lui-même reste très "nuageuse".

Les modèles de prévision sont par contre exceptionnellement nombreux. Ils sont apparus autour des années cinquante,aux U.S.A. (surtout d'abord dans le domaine des transports).Ces modèles (le plus souvent prétendus de "planification") ne sont pour la plupart que des modèles exclusivement de "prévision",même s'ils font partie des activités de planification.
Etant donné par exemple un plan d'utilisation du sol et son réseau de transport,la prévision consiste à déterminer différents "effets": les mouvements de circulation,l'accessibilité des activités les unes par rapport aux autres,les tendances de localisation de nouvelles activités,les impacts sur l'environnement,les prix fonciers etc... Lorsque seules quelques informations sont données sur l'utilisation du sol,il s'agit,par exemple,de prévoir la localisation des activités qui n'ont pas encore été affectées,c'est à dire qu'en se basant sur des hypothèses de comportement,un modèle de prévision simule ces comportements,non pas pour choisir les meilleures zones de localisation résidentielle,par exemple,mais simplement afin de représenter ces choix de la façon qui traduit le mieux les choix tels qu'ils se réaliseraient.L'objectif d'un modèle de prévision est donc de fournir des informations qui reproduisent le mieux possible des interactions et des comportements.

L'objectif d'un modèle de design est de fournir des informations qui sont le résultat d'une logique,d'une réflexion "décisionnelle",c'est à dire des informations qui signifient ce qu'il faut faire,ce qu'il faut décider pour satisfaire au mieux un ensemble de critères définis à priori,dans le cadre de ce que l'on suppose être les comportements réels.

Comme je l'ai dit ci-dessus,c'est dans le domaine de la simulation des réseaux de transport et de la demande en déplacements que les modèles de prévision se sont le plus développés.Les modèles de pré--vision relatifs à l'utilisation des sols sont plus récents;il s'agit surtout de modèles de localisation résidentielle. Ils sont pour la plupart essentiellement descriptifs,sans valeur causale.Ils se bornent à reproduire,sous une forme plus ou moins élaborée,des relations empiriques (modèle gravitaire,modèle de Lowry...).D'autres,plus rares, ont des intentions explicatives.Ils sont des représentations simpli--fiées et rendues opérationnelles de théories,c'est à dire qu'ils font nécessairement intervenir fonctionnellement (et non représenta--tivement) des hypothèses de comportement.Un modèle explicatif est, par exemple,celui de Herbert-Stevens (réf.22),fondé sur la théorie de la localisation résidentielle d'Alonso,elle-même application de la théorie de la demande en micro-économie aux choix de localisation des ménages.(réf.33).Les modèles de prévision sont utilisés comme outils de planification,puisqu'ils fournissent des informations qui permettent d'arrêter les décisions finales,mais leur objet,leur nature,leur rôle sont bien différents de ceux des modèles de design qui sont à proprement parler des instruments de conception.

Les modèles de prévision étant historiquement antérieurs aux modèles de design,il en est résulté un processus de planification faussement systématique:on produit par des méthodes "ad hoc" quelques plans que l'on soumet alors à des modèles de prévision pour identifier systématiquement et dans le détail toutes les conséquences,mais le processus global ne peut prétendre,de cette façon,à une rationalité systématique d'ensemble puisque le procédé même de conception et de

production des plans reste du type "boîte noire".

D'où vient la confusion entre les deux types de modèles?

J'insiste sur ce problème parce que les caractéristiques propres à ces deux types de modèles sont le résultat d'attitudes distinctes, complémentaires et souvent confondues,dont la compréhension profonde devrait,je pense,aboutir à la réalisation de modèles moins ambigus et donc plus efficaces.
D'autre part,je reste finalement assez sceptique sur l'avenir des modèles de prévision qui se trouvent toujours,à un certain moment, confrontés avec une réalité qui les dépasse.Les modèles de design, moins ambitieux en un sens,mais dont le rôle est plus clairement défini,sont des instruments pratiques,opérationnels et leur validité n'a pas à être remise aussi souvent en question devant la réalité, puisqu'ils n'ont précisément aucune intention de reproduire cette réalité.

L'ambiguité entre les deux types de modèles est essentiellement dûe, comme le suggère d'ailleurs les lignes précédentes,à la confusion entre l'analyse et la conception,entre la théorie et la stratégie, entre le descriptif et le normatif.Précisons davantage la nature et les raisons de cette ambiguité.

Les modèles de design et les modèles de prévision traitent d'un même corpus,le système urbain,caractérisé surtout en termes de struc--ture,de fonctions,de buts et d'adaptation.Mais si les modèles de prévision sont concernés par le comment des choses,les modèles de design sont surtout concernés par la façon dont les choses devraient être,afin d'atteindre leurs buts et de fonctionner.
En d'autres termes,si les modèles de prévision sont des outils d'ana--lyse de ce que H.A.Simon (réf.51) désigne sous le terme général "l'artificiel",les modèles de design visent à la conception de cet "artificiel";ils considèrent les objets artificiels en termes d'impé--ratifs (normatifs) plutôt qu'en termes descriptifs ou explicatifs; ils simulent non pas pour connaître,pour comprendre,pour expliquer,

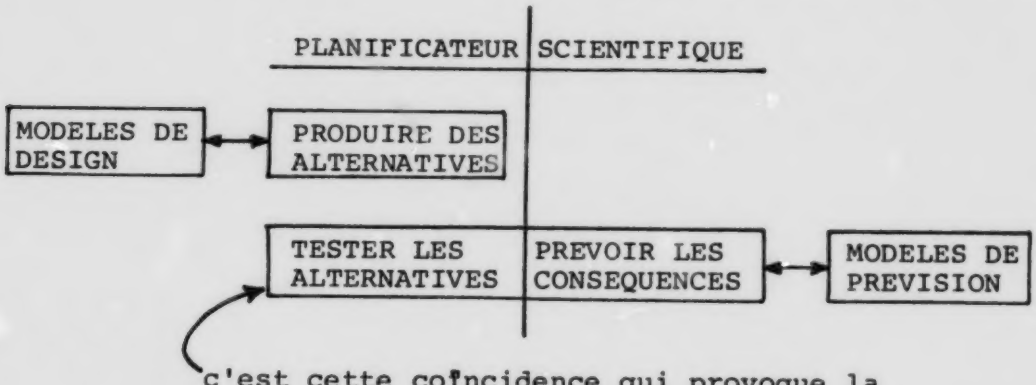
mais plutôt pour organiser,guider,orienter,inventer.

Les modèles de prévision sont des instruments descriptifs (explica--tifs) exactement comme les essais en bassin ou en soufflerie visent à une meilleure connaissance du comportement de systèmes de grande dimension.
Les modèles de design sont,au contraire,conçus pour la recherche de solutions,de la même façon que les programmes d'ordinateur imaginés pour jouer certains jeux,ou pour découvrir les preuves de théorèmes mathématiques.Ces différents "outils" font partie du domaine général de recherche nommé "intelligence artificielle".Cette nouvelle disci--pline semble avoir pris naissance au M.I.T. et à Carnegie-Mellon University, il y a environ 18 ans (réf.7).

Il existe une analogie très nette entre la distinction modèle de design/modèle de prévision et la distinction ingéniérie (synthè--se)/science (analyse).Ces distinctions sont fondamentales.
La confusion qui s'est installée depuis quelques années sur ces questions a conduit à des programmes d'enseignement pour ingénieurs, pour médecins...qui ont perdu leur spécificité originelle,à savoir l'invention,l'organisation des décisions,des actions etc...;la conception,ainsi conçue,est pourtant ce qui constitue la différence entre Profession et Science.
"Les écoles d'ingénieurs sont devenues des écoles de physique et de mathématique;les écoles de médecine sont devenues des écoles de biologie;les écoles de gestion sont devenues des écoles de mathéma--tiques finies.La conception n'y est pas enseignée en tant que telle, distincte de l'analyse."(réf.51)

"One of the trickiest parts of this distinction (between the Scientist and the Planner) has to do with the problem-solving orientation of the Planner or Engineer as contrasted with the academic posture of the Scientist,who may be assumed to be interested in knowledge for its own sake."(réf.20)

Si ces distinctions existent,il reste cependant que les activités du Professionnel et du Scientifique sont bien souvent convergentes et c'est sans doute cette convergence qui accentue la confusion entre modèles de design et de prévision.
Cette convergence est la plus forte au niveau de ce que le planifica-teur appelle "tester des alternatives" et le scientifique "prévoir, déterminer les conséquences de différentes alternatives".Les deux activités sont en fait identiques,mais la première expression met l'accent sur l'intention d'aboutir à une décision,à un choix,alors que la seconde insiste sur le caractère analytique de l'opération.



Cette ambiguité est d'autant plus marquée que les deux types de modèles requièrent souvent une formalisation analogue.Ainsi,par exemple,il se peut fort bien qu'un modèle de prévision réalise une optimisation comme le ferait un modèle de design,mais les deux opti-misations sont de nature différente.
L'optimisation du designer vise à fournir les informations qui maxi-misent la possibilité d'aboutir à un objectif donné dans un contexte donné;celle d'un modèle de prévision vise à reproduire des comporte-ments qui justement sont interprétés globalement comme la traduction d'une optimisation.
L'optimum du Scientifique n'est pas normatif,"but refers to the state of a system and an optimum measured by a social or economic objective function which is defined by the nature of the system"(réf.20).S'il y a optimisation,c'est que la recherche des implications d'une situa-tion donnée (existante ou future) est fondée sur une théorie qui

précisément indique que les comportements (que le modèle de prévision veut simuler pour en découvrir les implications) se produisent sous la forme d'une optimisation (la théorie étant telle qu'elle a pour proposition principale le fait que les comportements traduisent l'optimisation d'une certaine fonction).
L'optimum du designer est normatif en ce sens que la fonction objectif définie scientifiquement est considérée comme un but désirable,qui serait accepté par la société.
En d'autres termes,l'optimum du scientifique existe avec la structure du problème,et le modèle de prévision utilise cette optimisation comme moyen de reproduire un système complexe.L'optimum du planifi--cateur est défini à priori comme un but désirable;la structure optimale que souhaite découvrir le planificateur est souvent aussi basée sur une théorie des comportements,mais cette théorie n'est utilisée que pour aboutir à des décisions qui soient conformes aux mécanismes réels,c'est à dire qui ne soient pas absurdes et qui provoquent le moins de tensions possibles dans l'avenir.
Avec un modèle de prévision,on optimise pour reproduire au mieux une certaine réalité.Avec un modèle de design,on optimise pour se rappro--cher le plus d'un objectif donné.
"The problem of optimizing the operation of a complex system by changing and redefining its structural characteristics is essentially a problem of design"(réf.20).

Exemple.

Soit un ensemble de zones urbaines caractérisées chacune par un nombre de déplacements générés et par un nombre de déplacements attirés.

A.Modèle de design.
On se donne par exemple un réseau "maximal",c'est à dire un réseau constitué d'un nombre maximum d'arêtes potentielles.Le problème de design consiste par exemple à déterminer les liaisons qu'il faut effectivement construire.Cet ensemble optimal de liaisons est défini comme celui qui minimise le coût total des déplacements signalés.(Cet optimum est donc supposé à priori comme un objectif souhaitable pour

la collectivité).

B.Modèle de prévision.
Pour un réseau donné (qui peut être le réseau maximal du problème précédent),on demande de représenter,c'est à dire de prévoir la distribution des déplacements signalés,sur ce réseau.Si on se base sur la théorie qui dit que les comportements,en matière de déplacements, sont globalement tels qu'ils minimisent le coût total des déplacements (c'est l'un des principes de Wardrop,réf.43),le modèle réalise la prévision en fonction de cette minimisation.Les résultats fournis sont les flots sur les liaisons;(à partir de ces informations,on peut bien sûr décider des liaisons à conserver,mais le réseau obtenu n'aura de toute façon aucune signification optimale d'un point de vue conception).

Cet exemple relativement simple illustre bien,je pense,la différence entre les deux attitudes,entre les deux types de modèles.Cette distinction,qui se fait mieux sentir aujourd'hui dans les récentes publications des U.S.A. (ainsi que dans quelques autres travaux,tels ceux de M.Los,réf.28,29,30) est fondamentale.Sans nul doute est-ce à cause d'elle que les modèles de design,en tant qu'outils spécifi--quement orientés vers l'organisation des actions " les meilleures", ont tellement retenu mon attention,et cela d'autant plus qu'ils conjuguent étroitement les concepts d'artificialité et de complexité, c'est à dire conception et réalité.

I.3.REFLEXION D'ORDRE CONCEPTUEL ET METHODOLOGIQUE.

I.3.1.DIFFICULTES INHERENTES A LA PHASE DE DESIGN.

La meilleure façon de caractériser les modèles de design qui nous occupent ici est sans doute d'identifier les difficultés propres aux problèmes de conception en matière de planification urbaine et régionale.Ces difficultés sont multiples et ce mémoire est,en grande partie,une réflexion générale à leur sujet.

Parmi ces difficultés,trois d'entre-elles sont fondamentales.

A.Les problèmes sont souvent mal définis.

Dans la plupart des situations réelles,les problèmes sont imparfaite--ment perçus,et cela parce que l'information nécessaire (et d'ailleurs, quelle est-elle?) n'est pas disponible.L'impossibilité qu'il y a de connaître,à priori,d'une part toutes les actions possibles,et d'autre part les conséquences multiples d'une action particulière,rend les problèmes "mal définis".La littérature anglo-saxonne utilise fréquem--ment l'expression "ill-defined" (empruntée à W.Reitman,réf.32).

La technologie des transports,par exemple,évolue constamment et trans--forme du même coup les degrés de liberté du planificateur.Du point de vue de l'utilisation du sol,les options possibles sont encore plus variées et plus nombreuses (comment définir,par exemple,le découpage du sol et celui des activités?).

Bref,les limites de l'espace des solutions possibles ne sont jamais clairement définies.
Or,l'élaboration d'un modèle de design suppose nécessairement l'existence d'un problème "bien défini",c'est à dire la possibilité de choisir parmi des actions relatives à un ensemble de variables déci--sionnelles.(Ackoff,réf.24).

La difficulté,c'est donc de passer d'une situation réelle (problème mal défini) à une représentation qui permette l'identification de l'ensemble des solutions possibles (ensemble de choix possibles d'actions relatives aux variables décisionnelles) et l'évaluation de chacune des solutions.En d'autres termes,le type de définition qu'il faut cherher est celui qui donne la possibilité de comparer explicitement des solutions alternatives.

"Le problème est en partie défini par ses solutions" (B.Harris-1970). Cette déclaration a suggéré à Hopkins (réf.24) l'utilité d'un pro--cessus cyclique pour la définition d'un problème.Elle conduit en effet à l'idée que le niveau de définition d'un problème augmente avec son niveau de résolution,c'est à dire avec le fait qu'on se rapproche de la (des) solution(s).Le type de définition qu'il faut chercher,c'est donc celui qui est à même de contenir la compréhension croissante du problème mal-défini.Progressivement,les solutions du problème bien-défini fournissent des informations sur le problème mal-défini,et par conséquent font apparaître une "meilleure" défi--nition du problème (bien-défini).En d'autres termes,le niveau de définition du problème (bien-défini) évolue parallèlement à la con--naissance du problème mal-défini.

B.Les problèmes sont essentiellement complexes.

J'entends par là que,outre la difficulté de définir les problèmes,il y a le fait qu'ils mettent en jeu des interactions multiples,variées, souvent inquantifiables et même non identifiables.Les objectifs et les contraintes interagissent,les décisions s'influencent les unes les autres et leurs impacts se superposent.

En fait,le niveau de définition d'un problème et son niveau de comple--xité sont liés l'un à l'autre et sont le résultat de la perception même de la situation qui pose un problème.

"-The way in which a problem is perceived determines the range of possible solutions to that problem.
-The way in which a problem is perceived determines the kind of strategy that is appropriate for its solution."(réf.8).

T.J.Cartwright,qui est l'auteur de ces deux déclarations,propose une typologie des problèmes qui les classe en quatre catégories (simple roblems-compound problems-complex problems-metaproblems) selon d'une part,la possibilité de connaître ou non la valeur des variables,et d'autre part selon que l'on sait préciser ou non le nombre de varia--bles caractéristiques du problème.Cette typologie est extrèmement intéressante,notamment parce qu'elle permet d'associer à chacune des quatre catégories une stratégie particulière de résolution,mais elle ne souligne pas suffisamment les difficultés supplémentaires qu'entraî--nent les interactions multiples,directes et indirectes,entre les variables.Un problème d'aménagement est essentiellement complexe non seulement à cause des difficultés de calcul et de dénombrement des variables,mais aussi en raison des nombreux croisements entre ces variables;ces croisements ont pour effet de majorer certains impacts et l'importance de certaines variables décisionnelles.

On en revient donc à la notion de perception,ou plus exactement à la façon avec laquelle le designer appréhende le problème:à la volonté de saisir le problème dans son entièreté (la distinction entre le problème et son contexte devenant alors très floue) et de prendre en compe les interactions et mécanismes internes à la situa--tion à laquelle se problème s'applique correspond une très grande complexité;par contre,à la volonté de découvrir des solutions préci--ses et rigoureuses doit correspondre souvent une approche plus simplificatrice,plus "myope" et plus -ragmatique.

> "Planners face a persistent dilemna in trying to choose between a broad definition of their problem and an exact strategy for solving it"(réf.8).

C.Les problèmes sont de nature combinatoire.

Même dans le cas où l'espace des solutions possibles est défini,on se heurte à une explosion du nombre de solutions possibles.Par exemple, si on a n activités à affecter en n localisations,le nombre de plans à examiner est en principe égal à (n!)

Cette triple difficulté me paraît fort bien résumée par la réflexion suivante:

> "Design might (...) be defined as a process of inventing new elements and recombining known or existing elements so as to produce a desired whole"(réf.20).
> Les quelques mots que j'y ai souligné constitue un vocabulaire de base très complet pour de nombreuses réflexions qui nous occupent ici.

I.3.2.QU'EST-CE QU'UN MODELE DE DESIGN?

Les modèles de design sont ceux qui se rattachent à la phase d'inven-tion,de conception,de génération de solutions (plans).Cette défini-tion fonctionnelle n'a aucune valeur descriptive puisqu'elle ne fournir aucun renseignement quant au contenu et à la nature spécifi-que d'un modèle de design.Une description des concepts qui sont impliqués dans l'élaboration d'un tel modèle va nous apporter quelque éclaircissement.

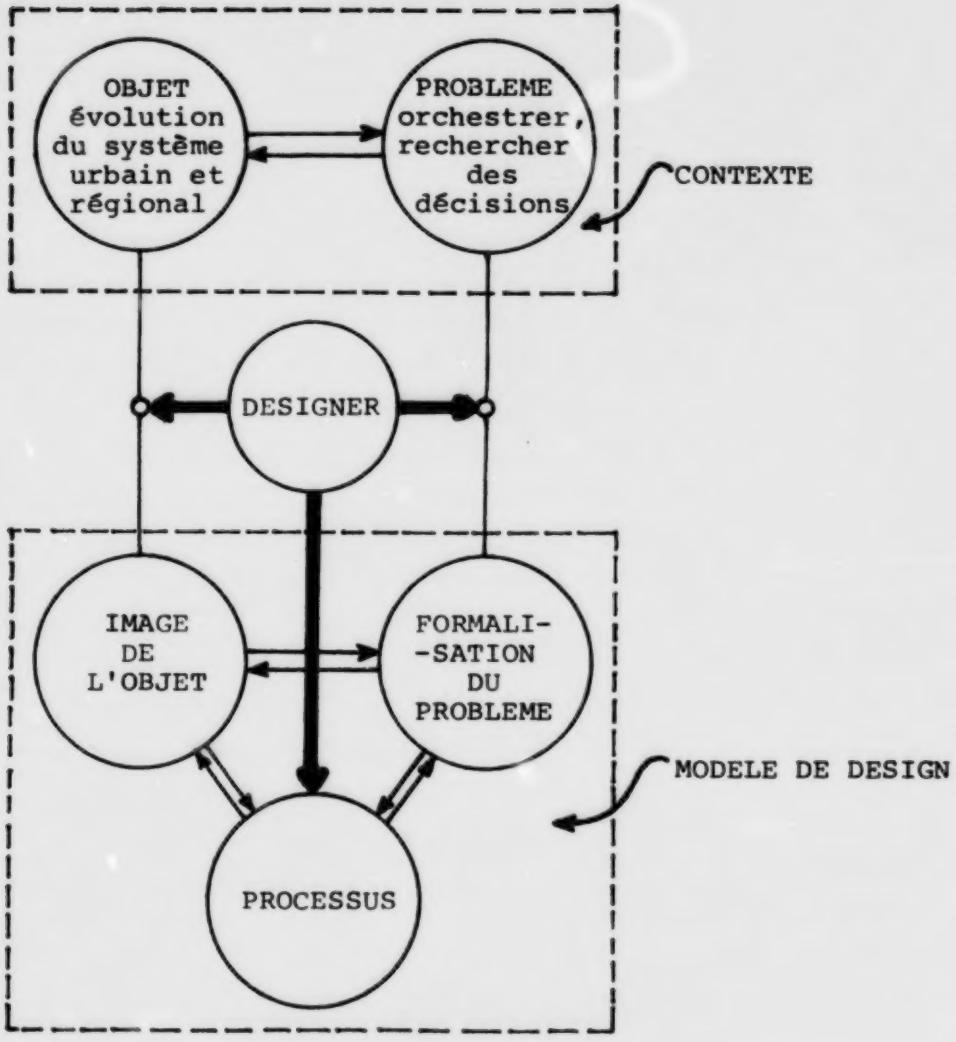
Les paragraphes I.1.2.1. et I.1.2.2. ont indirectement fait appa-raître l'OBJET des modèles de design qui nous occupent ici;il s'agit de l'évolution,du développement (spatial) du système urbain et régional.
Le paragraphe I.1.2.3. a mis en évidence le PROBLEME:rechercher des réponses (décisions) à des questions sur l'organisation d'une action sur l'objet (c'est à dire orchestrer l'évolution en question) dans son contexte social,économique et politique.
Ce contexte est implicite à l'objet et au problème:il définit les valeurs,les critères,les exigences,les objectifs,les contraintes...

Le rapport qui s'établit entre l'OBJET et le PROBLEME conduit à l'élaboration d'un PROCESSUS de "recherche" devant produire des réponses,des solutions,des décisions.Ce processus est l'ensemble des mécanismes par lesquels l'ensemble objet-problème conduit à des solu-tions;il regroupe tout ce qui concerne les organigrammes de résolu-tion,les algorithmes etc...

La distinction entre problème et processus n'est rien d'autre que la distinction entre "identification des questions,définition de ce que l'on veut faire et de ce que l'on ne peut faire,etc..." et "organisa--tion d'une méthode,d'une technique pour rechercher les solutions, pour aboutir efficacement à ce que l'on veut faire,..."
Ainsi,dans le cas d'un réseau de transport par exemple,le problème serait "concevoir un réseau qui minimise le total des coûts de déplac--ements" et le processus serait "la suite d'opérations logiques, les techniques mathématiques,les algorithmes...permettant de trouver le réseau optimal en question".
La distinction est essentielle parce que,dans l'ensemble "objet-problème-processus",plusieurs processus distincts peuvent être imaginés et même aboutir à la même solution pour un même sous-ensemle "objet-problème".

La problématique de design ainsi présentée apparaît comme LA MISE EN PLACE D'UNE RELATION A TROIS TERMES:OBJET-PROBLEME-PROCESSUS.
Pour chacun de ces trois termes,l'intervention du designer se poursuit par une certaine formalisation,par la conception d'une certaine image;la combinaison de ces trois "images" est progressivement cons--truite et le modèle en est l'aboutissement.

Le diagramme de la page suivante schématise cette "définition" d'un modèle de design:<u>la représentation simplifiée,la simulation de la triple interaction OBJET-PROBLEME-PROCESSUS,la formalisation d'un système à trois dimensions</u>.



Le designer intervient "extérieurement" à ce système;c'est lui qui en développe la mécanique et la formalisation,mais il ne s'inscrit pas explicitement dans le modèle qui apparaît ainsi,pour utiliser un mot à la mode,comme un interface entre le designer et la réalité, laquelle provoque son intervention et constitue le cadre de son travail.Le terme réalité est peut-être ambigu;par réalité,j'entends toutes les informations extérieures au designer et au modèle propre-ment dit;le terme "contexte" est peut-être préférable si on définit ce contexte comme l'ensemble des informations "antérieures" à l'intervention du designer.

Pour être plus précis,on peut dire qu'un modèle de design est l'abou-tissement formalisé d'une opération de mise en place,par le designer, d'un interface entre trois acteurs,et non pas seulement le résultat d'une activité intellectuelle exclusivement analytique.Cet interface se veut pragmatique et c'est l'implication du designer dans sa cons-truction même qui lui confère ce caractère finalisé.Je veux dire par là que l'élaboration d'un modèle de design est la conceptualisa-tion progressive et structurante d'un système à trois dimensions, accompagnée d'une formalisation:il s'agit pour le designer de cons-truire simultanément une image-interprétation de l'objet,une trans-cription du problème,et d'imaginer un processus,une séquence logique d'opérations à travers laquelle il envisage faire naître les solutions.

Cette opération de mise en place prend appui,implicitement,sur une procédure d'abstraction qui se traduit notamment par un certain découpage.Ce découpage porte à la fois sur les trois composants du système:

a)Sur l'objet.L'optique systémique,notamment,n'aboutit à rien d'autre qu'à la construction d'un certain découpage.(le découpage de la région en zones et celui des utilisations en groupes d'activités en sont des exemples;tout ce qui a été dit aux paragraphes I.1.2.1. et I.1.2.2. est d'ailleurs l'illustration parfaite de ces découpages)
b)Sur le problème.La division des critères retenus en objectifs d'une part et en contraintes d'autre part,est un parfait exemple de décou-page d'un problème de programmation linéaire.
c)Sur le processus.La suite des opérations qui aboutissent aux solu-tions est le résultat d'un découpage,par modules,de la logique interne au modèle.Je préciserai davantage par la suite les caracté-ristiques propres à cette "logique de conception".

L'utilité d'un modèle de design est précisément,grâce aux diverses procédures d'abstraction,de conceptualisation,de découpage,de struc-turation,de formalisation...,de nous donner la possibilité de nous repérer par rapport à la structure complexe du système objet-problème-

processus.En construisant un modèle,on fait apparaître les articula--tions sur lesquelles une action est possible.
Il me paraît important d'insister sur le fait que la structure que l'on fait apparaître ne correspond pas au système urbain en tant que "réalité" (l'objectif d'un modèle de design n'est ni la description, ni un meilleure connaissance,ni l'explication d'une réalité);ce que l'on fait apparaître,c'est la structure des relations significatives, c'est à dire celles sur lesquelles les résultats d'une action peuvent être évalués (ou tout au moins comparés,pour des actions distinctes) et ainsi conduire à décision.

Soulignons aussi que la possibilité de se repérer par rapport à ce système complexe n'est effective qu'en simplifiant ce système,en le réduisant,c'est à dire en faisant abstraction d'un ensemble d'infor--mations,de relations...qui ne paraissent pas importantes ou utiles pour les actions que l'on envisage.Construire un modèle de design, c'est réduire le domaine d'étude aux éléments qui (intuitivement le plus souvent) présentent un certain poids dans le cadre des intentions préalables.Cette réduction est exigée par l'objectif même du modèle qui est d'aller chercher,dans l'univers des solutions possibles,celles qui ont le plus de chance d'être de "bonnes" solutions et d'éliminer toutes celles qui ne satisfont pas les principaux critères.
Les solutions produites par le modèle présentent d'ailleurs un degré de simplification correspondant à celui du modèle lui-même:il s'agira de plans peu détaillés,d'esquisses de plans,etc...

I.3.3.LA LOGIQUE DE CONCEPTION INTERNE.

En tant qu'interface entre le designer et le contexte,le modèle de design est un TRANSFORMATEUR D'INFORMATIONS.

Les informations d'entrée ont pour origine soit les phases précédentes du processus complet de planification,soit les étapes suivantes lorsque des feedbacks à partir de celles-ci s'avèrent utiles ou nécessaires.
Les inputs que constituent ces informations sont souvent représentés

à l'aide de symboles de quatre types:

a) les variables exogènes de contrôle, c'est à dire les variables dont les valeurs sont données à priori mais peuvent être modifiées lors d'un nouveau passage dans la "boîte design". Exemple: la demande en déplacements entre deux activités à localiser, un limite budgétaire, la quantité totale d'activité de tel type à affecter sur toute la région,...

b) les variables exogènes non contrôlées, c'est à dire dont les valeurs sont imposées par le contexte. Exemple: coûts unitaires de construction, densités maximales, normes de qualité de l'air,...

c) les coefficients d'arbitrage, qui sont éventuellement utilisés pour la pondération des critères pris en compte par le modèle. Ces coefficients de nature politique sont bien sûr contrôlables.

d) les variables endogènes, qui représentent les inconnues du problème.

Les informations de sortie (outputs) sont les valeurs que prennent les variables endogènes après mise en fonctionnement du modèle.

Remarque: les contraintes et les objectifs explicitement énoncés sont en fait des inputs constitués de relations, fixées à priori, entre variables exogènes, endogènes et coefficients d'arbitrage.

Devant procéder aux transformations, aux manipulations plus exactement, d'un ensemble d'informations, un modèle de design réalise nécessairement des OPERATIONS qui sont organisées de façon plus ou moins complexe. Cet ensemble d'opérations, de fonctions, constitue la logique interne, la logique opératoire du modèle et plus exactement du "processus" attaché à ce modèle. Les méthodes mathématiques, les algorithmes... sont la formalisation de cette logique de conception interne.

Les fonctions les plus fréquemment rencontrées sont les suivantes:

1. DES PROCEDURES DE DECOMPOSITION, DE DECOUPAGE, DE STRUCTURATION des informations, de façon à constituer des groupes, sous-groupes et sous-problèmes présentant une certaine homogénéité. Dans de nombreux cas, ces procédures sont en fait extérieures au modèle, mais souvent aussi,

elles y sont intégrées.
2.DES PROCEDURES D'EXPLORATION:organisation relativement sophistiquée selon les cas d'un processus d'examen de l'espace des solutions possi--bles.
3.DES PROCEDURES D'EVALUATION ET DE SELECTION,de façon à guider l'explo--ration dans les directions les plus souhaitables.Ces procédures internes d'évaluation des informations (bien souvent il s'agit de l'évaluation d'informations représentant des solutions partielles) rencontrées au cours de l'exploration aboutissent à des sélections de façon à ne conserver que les informations "utiles".
4.DES PROCEDURES D'ARBITRAGE,du fait même de la pondération nécessaire des différents critères retenus par le modèle.

I.3.3.2.Analyse du Processus de Conception et de sa Logique Propre.

I.3.3.2.1.Une logique d'adaptation,une logique normative.
"La conception (...) s'intéresse au comment des phénomènes tels qu'ils pourraient être,à l'invention d'artefacts permettant d'atteindre des buts".Cette proposition de H.A.Simon (réf.51) résume parfaitement le rôle d'un modèle de design.Elle implique aussi une seconde déclaration: les processus de conception ont leur logique propre,la logique des impératifs,la logique normative,laquelle est définie par Simon comme celle visant à l'adaptation d'un environnement "interne" à un environ--nement "externe".Un artefact (c'est à dire tout ce qui est conçu par l'homme,la musique,l'écriture,une ville,un plan,une politique de développement...) est le point de rencontre "entre un environnement interne,la substance et l'organisation de l'artefact lui-même,et un environnement externe,les alentours dans lesquels il est mis en oeuvre".
Cette déclaration est clairement vérifiée dans certains domaines de conception de nature fondamentalement décisionnelle,tels les problèmes d'optimisation dont la logique peut se résumer ainsi:explorer l'ensem--ble des solutions possibles -l'environnement interne,caractérisé par les variables endogènes (ou variables de commande)- pour y découvrir celles qui satisfont au mieux un ensemble d'objectifs et de contraintes dans le cadre d'une série de données et de paramètres -l'environnement externe,caractérisé par les variables exogènes et les coefficients

d'arbitrage- qui peuvent être connus avec certitude ou seulement en termes de probabilités.Les objectifs et les contraintes définissent les buts et les modalités de l'adaptation de l'environnement interne à l'environnement externe.

Ce n'est bien sûr que dans certains cas qu'un problème de conception peut se mettre sous la forme d'une optimisation parfaitement définie (voir difficultés inhérentes aux problèmes de conception I.3.1.). Nombreux sont les problèmes mal définis où l'identification des trois groupes d'acteurs -environnement interne,objectifs et contraintes, environnement externe- est beaucoup plus délicate et exige le recours à des méthodes moins rigoureuses (voir III.2.1.).

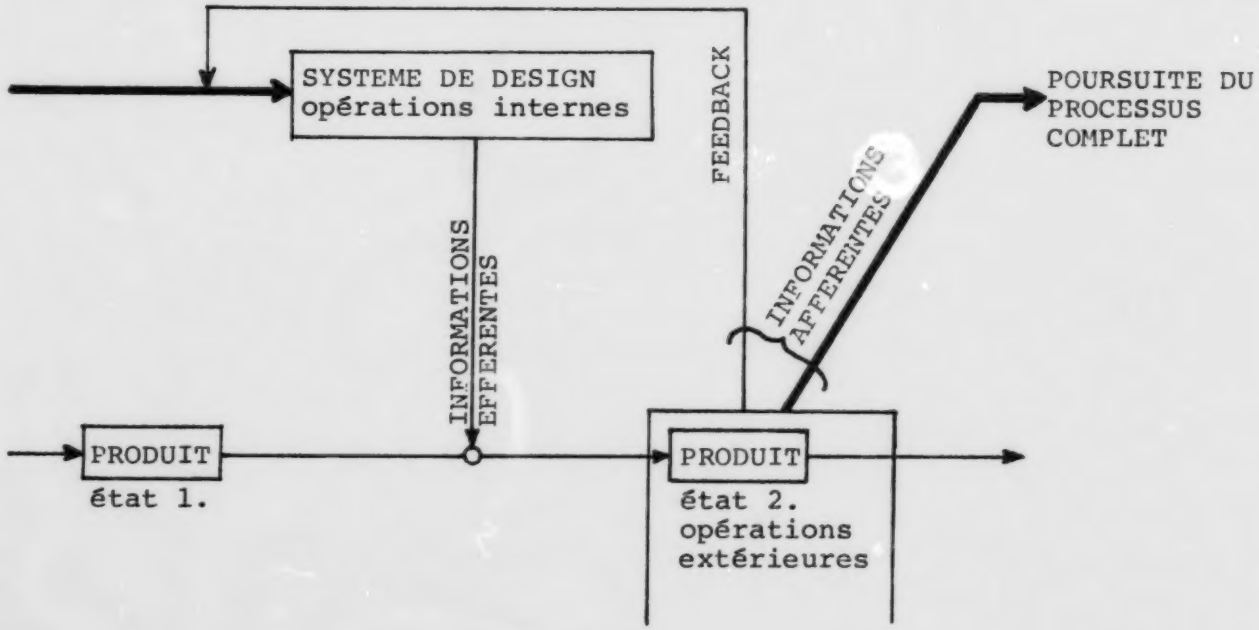
Quoiqu'il en soit,les différents modèles dont j'ai pris connaissance sont tous caractérisés par un processus interne dont la logique opéra--toire est une logique normative,une logique d'adaptation du type décrit ci-dessus.Les paragraphes qui suivent ont pour objectif de mieux faire apparaître les caractéristiques spécifiques à cette logi--que de conception.

I.3.3.2.2.Informations efférentes et afférentes.

Les opérations essentielles d'un processus de conception,à savoir les procédures de découpage,structuration,exploration,évaluation,choix... sont internes à cette phase de conception.Je veux dire par là qu'il faut les distinguer des opérations subséquentes du processus complet (I.2.1.) que sont les phases de prévision,d'évaluation et de choix qui suivent une phase de design.

Le moindre geste de l'artiste peintre contient en lui-même,implicite--ment,ces procédures d'exploration,d'évaluation,de sélection,etc...;

ce sont ces procédures internes qui aboutissent à une "action" pré--cise,quitte à ce que,une fois un "geste" posé,des opérations subsé--quentes de prévision,évaluation...remettent ce "geste" en question. Bref,il faut faire la distinction entre les opérations (fonctions) internes à la phase de design et celles qui lui sont extérieures, même si isolées du processus global,elles apparaissent identiques. Il est peut-être possible de mieux saisir cette distinction en attri--buant aux informations de sortie des deux types d'opérations les qualificatifs efférents et afférents (par rapport à la "boîte design) que Simon utilise,dans un contexte d'ailleurs légèrement différent. Les opérations internes au design aboutissent à des informations efférentes,ou motrices,c'est à dire à des informations par lesquelles la "boîte design" agit sur l'état de son produit (le plan par exemple). Les opérations extérieures analogues par contre,aboutissent à des informations afférentes,ou sensorielles,c'est à dire à des informa--tions sur l'état du produit;ces informations afférentes ou bien signifient l'ordre de poursuivre le processus complet,ou bien exigent un feedback qui "efface" la phase de design précédente.



La rapidité avec laquelle le système de design atteind les "meilleures" solutions dépend de son aptitude à anticiper sur les informations afférentes,c'est à dire à organiser sa propre démarche de façon à ce que les informations efférentes aient une signification la moins contradictoire possible avec la signification des informations affé-rentes qui suivront.
Cette faculté d'association (qui est l'une des caractéristiques principales de tout système "intelligent") entre les changements dans les états du produit (informations afférentes) et les actions qui provoquent ces changements (informations efférentes) se traduit notamment par l'aptitude du système à apprendre,à enregistrer et à corréler les deux types d'informations ("learning system").(Voir Piaget-réf.42)
Ce n'est que lorsque le système de design possède une certaine con-naissance de son objet,une certaine connaissance de la façon dont les éléments du système urbain sont reliés les uns aux autres qu'il s'avère capable de générer des solutions (informations efférentes) qui ne soient pas contredites par une analyse plus fine de l'état de son produit (informations afférentes-modèle de prévision).
Cette aptitude du système à anticiper et à corréler les deux types d'informations est bien sûr d'autant plus grande que son interpréta-tion,son image de l'objet est proche de la réalité (c'est ce qui explique pourquoi le système de design doit nécessairement s'appuyer sur une théorie du système urbain,sur des hypothèses de comportement; ce point sera davantage discuté dans la suite).

I.3.3.2.3.Découpage de l'ensemble objet-problème.
La difficulté d'anticiper sur les informations afférentes des opéra-tions extérieures au design proprement dit est notamment dûe à la corrélativité complexe des conséquences de toute action sur le produit. Les actions possibles ont non seulement des conséquences directes,mais également des conséquences marginales dont les interactions sont difficilement identifiables.
Cette constatation est l'une des explications de l'utilité du décou-page et de la structuration (I.3.2. et I.3.3.1.) de l'ensemble objet-problème.Ce découpage permet de sérier les difficultés en divi-sant l'ensemble des actions possibles en différentes voies les plus indépendantes possibles.

C'est le cas de la méthode d'Alexander (réf.1) qui recherche les actions,les solutions possibles en les regroupant en sous-ensembles au sein desquels les contradictions sont minimisées;de façon plus précise,cette méthode procède à un découpage des contraintes en sous-ensembles au sein desquels les interactions positives (interactions qui autorisent la satisfaction simultanée des contraintes) sont fortes,mais entre lesquels les interactions négatives (interactions qui ne rendent pas possible la satisfaction simultanée des contraintes) sont faibles;de cette façon,la solution partielle déduite d'un sous-ensemble particulier de contraintes a peu de conséquences gênantes pour d'autres solutions partielles.On conçoit de suite que l'une des faiblesse de cette méthode réside dans le concept d'indépendance: comment juger de la corrélativité positive ou négative des diverses contraintes et plus encore de divers sous-groupes de contraintes.

I.3.3.2.4.Découpage,structuration et hiérarchisation du processus logique.

De la même façon que le découpage et les procédures d'abstraction, de structuration de l'ensemble objet-problème visent à clarifier celui-ci,le découpage,la structuration même du processus logique orchestrant la recherche des solutions a pour objectif d'organiser clairement ce processus pour le rendre plus efficace.
La structuration doit être conçue de manière à faire apparaître d'une part les différentes opérations-fonctions (I.3.3.1.) sous la forme de modules indépedants,et d'autre part les relations,elles-mêmes fonctionnelles,entre ces différents modules.Le processus apparaît ainsi comme un système finalisé et la conception de chaque module peut être réalisée pratiquement en ne tenant compte que de sa fonction dans le système:les mécanismes par lesquels s'exerce une fonction particulière n'ont aucune influence sur les autres modules;seule la fonction en tant que telle influence ces autres modules.

En d'autres termes,ce sont l'identification des différentes fonctions et leur structuration en modules,sous-modules...qui déterminent l'efficacité du processus opératoire du modèle.Au fur et à mesure que la recherche évolue,que les études deviennent plus rigoureuses,plus

fines,chaque module peut être amélioré ou remplacé par un autre assu-
-rant plus parfaitement (plus sûrement ou plus rapidement) la réalisa-
-tion de la fonction correspondante;ces améliorations et ces substi-
-tutions sont aisément possibles parce que,pour les raisons citées
ci-dessus,elles n'affectent pas (ou peu) les autres modules consti-
-tuant les autres noeuds de la stucture globale du processus.Pour les
mêmes raisons,si des modules complémentaires s'avèrent utiles,il est
possible de les intégrer à cette structure sans la désorganiser.

La qualité de cette structure interne (pour résumer:de l'organisation
interne du processus logique qui orchestre le fonctionnement de la
"boîte design") repose donc sur l'indépendance des différents modules,
mais également sur la possibilité de répondre à la question de savoir
"ce qui vient avant et ce qui vient après".Je veux dire par là qu'il
importe d'organiser clairement les modules-fonctions selon une logique
d'enchaînement,et donc de hiérarchiser la structure en question.Cette
difficulté se rencontre dans presque toutes les organisations de
systèmes complexes,naturels ou artificiels.
L'un des thèmes principaux de H.A.Simon est que "la complexité prend
fréquemment la forme d'arborescence et que les systèmes arborescents
ont quelques propriétés communes qui sont indépendantes de leur
contenu spécifique (...);l'arborescence est un des schémas structurels
de base qu'utilise l'architecte de la complexité"(réf.51).Les exemples
sont nombreux.La conception d'un réseau de transport repose souvent
sur l'identification de l'ensemble des chemins les plus courts entre
les différentes origines et destinations;or il se fait que la logique
opératoire (les algorithmes) permettant de déterminer ces plus courts
chemins utilise précisément cette notion d'arborescence.De même,la
méthode d'Alexander est une technique de conception organisée sous la
forme d'une arborescence.Les procédures d'optimisation fondées sur
une phase d'exploration (III.2.) sont essentiellement structurées
sous la forme d'arborescence,etc...
La déclaration de Simon me paraît donc fondamentale et sans nul doute
est-elle vérifiée dans de très nombreux cas,mais il faut constater
aussi que diverses procédures de design ne présentent pas rigoureu-
-sement cette forme arborescente,uniquement par le simple fait que

ces procédures font du feedback l'une de leur opérations principales. Ces feedbacks introduisent des cycles dont les arborescences,par définition,rejettent l'existence.
En fait,en utilisant le terme arborescence,Simon veut mettre en évi--dence le fait que les processus de conception sont souvent des arborescences pour ce qui est de leurs relations fonctionnelles directes:la logique de ces processus est fondée sur l'exploration de différentes voies possibles ou sur la combinaison d'informations partielles,ces explorations ou combinaisons pouvant être représentées sous la forme d'arborescences lorsque les feedbacks sont considérés comme des relations secondaires.

I.3.3.2.5.Filtrage et cumulation des informations internes.
Par informations internes,j'entends celles qui sont "constituées" à l'intérieur de la phase de design.Elles sont le résultat de la mani--pulation,par les diverses opérations de découpage,exploration,évalua--tion...,des inputs de cette phase de design;ces "manipulations" ont pour résultat,à l'intérieur même de la "boîte design",de nouvelles informations qui permettent de prendre les décisions partielles et qui indiquent dans quelles directions doit se poursuivre l'explora--tion (ou la combinaison des solutions partielles).
Ces manipulations sont cumulatives:les informations (internes) collec--tées le long d'une voie particulière d'exploration ne sont pas effa--cées si cette voie s'avère,à un moment donné,moins utile,moins prometteuses qu'une autre,mais que l'on n'a pas la certitude qu'elle soit stictement mauvaise.Les processus de conception sont pour la plupart des processus de collecte d'informations internes;l'objectif

d'un cheminement particulier n'est pas seulement d'aboutir à un état sans cesse plus "prometteur",mais également de recueillir les infor--mations qui caractérisent les implications de ce cheminement.Les informations collectées le long d'une voie particulière d'exploration (ou de combinaison) doivent être enregistrées parce qu'elles peuvent servir à un autre moment,soit à revenir en arrière sans devoir être reconstituées,soit à décider du sort d'une autre voie,soit encore à accélérer une autre voie.

La difficulté essentielle de cette cumulation réside dans la quantité d'informations qui devraient être enregistrées dans le cas de problè--mes complexes et de grande taille.D'autre part,il est absurde de mémoriser toutes ces informations si certaines d'entre-elles sont redondantes ou si l'on a la certitude de ne plus les utiliser.D'où l'utilité d'imaginer,toujours à l'intérieur même du processus de con--ception,des procédures de filtrage des informations glanées durant l'exploration,pour ne retenir que celles qui pourraient s'avérer utiles "par après".
Dans une méthode de "branch and bound" par exemple (III.2.3.),les valeurs de la fonction objectif pour les diverses solutions complètes qu'on a identifiées,ne sont pas toutes mémorisées;seule la plus petite de ces valeurs (lorsqu'on a affaire à une minimisation) est enregistrée à chaque étape et elle est remplacée dès qu'une meilleure valeur apparaît.De la même façon,il n'est pas nécessaire de conserver les informations recueillies le long d'une voie qui,à un moment donné, s'avère mauvaise avec certitude.Bref,dans une méthode de "branch and bound",exemple type des processus complexes de "réflexion" systémati--que,toutes les informations collectées sont filtrées au travers de certaines règles et seules les informations potentiellement signifi--catives sont enregistrées.

I.3.4.LE PROBLEME DU LANGAGE.

La définition d'un modèle de design comme représentation de la triple interaction objet-problème-processus (I.3.2.) fait apparaître un

problème important:celui du langage,c'est à dire de la formalisation même du modèle.

I.3.4.1.La Représentation de l'Ensemble Objet-Problème.

Construire un modèle de planification,c'est,notamment,formaliser l'image mentale que l'on se forme à partir de l'objet et du problème qu'on lui associe.
Le problème de l'adéquation de la représentation aux significations propres à cet ensemble objet-problème pose des difficultés à deux niveaux.

Au niveau supérieur,l'implication de la notion de système joue un rôle fondamental parce que cette optique détermine considérablement l'interprétation et donc la représentation de l'objet et du problème, et inversement,cette représentation de nature systémique influence l'interprétation de l'ensemble objet-problème.L'utilisation par le designer,dès le début de son approche,d'un langage aussi spécifique que le langage systémique affecte considérablement l'image progres--sivement conçue de l'ensemble en question.Cela signifie qu'il faut se demander quel rapport il reste entre la réalité de cet ensemble objet-problème et l'interprétation qui en est donnée dans un langage systémique.

A un niveau inférieur,se pose le problème de la formalisation même des interprétations,que celles-ci soient induites par une optique systé--mique ou par toute autre approche.(Par "interprétations",j'entends l'ensemble des informations constituant l'image que le designer construit de l'objet et du problème:relations significatives,objectifs, contraintes...).Cette formalisation progressive s'opère méthodologi--quement en partant d'un ensemble d'axiomes,de concepts,de paradig--mes (ex:la loi gravitaire des interactions spatiales),etc...pour aboutir,par voie de raisonnement,à un regroupement organisé de signes, de symboles et relations qui sont finalement la transcription des significations,valeurs,critères...qui constituent la "réalité" de l'ensemble objet-problème.

Ce passage du signifié au signifiant a ses propres lois,lesquelles ne sont pas nécessairement celles de l'objet et du problème.En d'autres termes,se pose (à différents niveaux) le PROBLEME DU LANGAGE:en raison du processus même de formalisation,une certaine distance,une certaine distorsion s'insère entre l'ensemble objet-problème et le modèle écrit.(réf.9).
Quel rapport reste-t-il alors entre la "réalité" et les signes,symbo--les,diagrammes,expressions logiques et mathématiques du modèle?Com--ment avoir la certitude qu'à un symbole,ou à un groupe de symboles, corresponde de manière biunivoque une information particulière liée à l'ensemble objet-problème?

En d'autres termes,en substituant à une image mentale des symboles dont les propriétés sont liées à leur propre axiomatique,il importe de veiller à l'adéquation de cette formalisation aux significations qu'elle prétend traduire.
Ce problème du langage exige donc
a)qu'une attention toute particulière soit portée à l'égard de la précision des concepts à partir desquels le modèle est construit;
b)que les implications,simplifications...liées à ces concepts soient identifiées et même explicitées parallèlement au modèle;
c)que soit reconnue explicitement la distorsion qui peut naître entre les significations originelles et "ce qu'exprime" la représentation.

Il n'est pas question dans ce mémoire d'entrer dans le détail de ce problème crucial qui justifie à lui seul de nombreuses études.Mais il me paraît important de garder ce problème à l'esprit si l'on souhaite éviter l'erreur de considérer le modèle comme parfaitement représentatif des interprétations (ces dernières étant elles-mêmes le résultat d'une "réduction" de la Réalité).

I.3.4.2.La Représentation du Processus de Conception.

L'invention d'un processus de conception n'est pas une opération aussi abstraite et aussi complexe qu'il puisse paraître à première vue.Ces processus manipulent généralement des opérations-fonctions

(I.3.3.1.) relativement simples et dans la plupart des cas,les méthodes se présentent sous la forme d'organigrammes à deux dimensions; toutes sont l'aboutissement d'une gymnastique intellectuelle "plane" et l'image qui accompagne progressivement l'organisation d'un processus de design est une image bi-dimensionnelle.Il suffit de se rappeler la prédominance de la forme arborescente (H.A.Simon) dans l'ensemble des schémas structurels de base qui traduisent les mécanique de conception.
Cette relative simplicité correspond bien sûr à notre propre intellect qui s'avère beaucoup plus à l'aise dans la création de systèmes représentables sur le papier,mais il est certain aussi que,réciproquement, ce sont nos habitudes de représentation bi-dimensionnelle qui nous amènent à concevoir des organisations de processus aussi "simples" que les structures arborescentes.

Cela signifie qu'ici aussi se pose le problème du langage.On doit se demander dans quelle mesure nos représentations (qui en principe devraient traduire notre propre logique) déterminent notre fonctionnement intellectuel et donc l'organisation des processus de conception.D'où la nécessité,lorsqu'on élabore un tel processus,de s'interroger sur le rapport entre,d'une part les forces qui guident l'invention de ce processus,c'est à dire la mécanique intellectuelle,la logique interne,et d'autre part la représentation qui accompagne l'invention de ce processus.Il s'agit donc aussi d'un problème d'adéquation d'une formalisation à la substance de celle-ci.

I.3.4.3.Conclusion et Précisions.

Le problème du langage est très complexe,très délicat et justifie à lui seul,je le répète,de nombreuses études.La difficulté de faire apparaître clairement les rapports réciproques du signifié au signifiant réside précisément dans nos habitudes de raisonner,d'analyser, qui nous conduisent rarement à différencier et encore moins à relativer les formalisations et les significations,les expressions et leur substance.
La représentation des images mentales qui constituent la matière des

processus systématiques de conception et de l'organisation des intelligences artificielles en général affecte elle-même ces images (interprétations) parce que toute opération de représentation est un filtre qui a sa propre nature et ses propres lois.

Il est remarquable de constater que l'organisation orthogonale de nos bâtiments et de nos villes a pour explication première l'utilisa-tion de techniques de représentation qui,pour être efficaces et rapides,manipulent des outils rectilignes et des angles droits.Il est évident que les représentations ainsi enfermées dans des formes aussi simples ont considérablement réduit notre aptitude à imaginer,à orga-niser,à inventer des systèmes plus diversifiés.

"Une compréhension plus approfondie de la façon dont nos représenta-tions sont crées et dont elles contribuent à la résolution des problèmes devient un point essentiel de la future théorie de la conception."(réf.51).

Il me paraît important de souligner que ce "problème du langage" est en fait commun à toutes sortes de modélisations et que les considé-rations qui précèdent sont donc en grande partie directement appli-cables aux autres types de modèles.
Sans doute d'ailleurs ce problème du langage est-il encore plus gênant dans le domaine des modèles de prévision,lesquels ont en effet des ambitions essentiellement descriptives,voire explicatives:les distorsions que peut entraîner une formalisation sont,pour ces modèles, encore plus dommageables parce qu'elles affectent leur fonction essentielle qui est de communiquer des renseignements descriptifs et même explicatifs sur différents aspects de la réalité urbaine,alors que ce qu'on attend des modèles de design,c'est d'inventer,c'est d'indiquer le sens des actions nouvelles à entreprendre.Cela ne veut pas dire que les distorsions qui peuvent se produire dans le cas des modèles normatifs peuvent être négligées;cela signifie simplement que le caractère essentiellement analytique des modèles de prévision exige davantage une parfaite adéquation des langages aux informations

(au sens large) qu'ils prétendent communiquer.

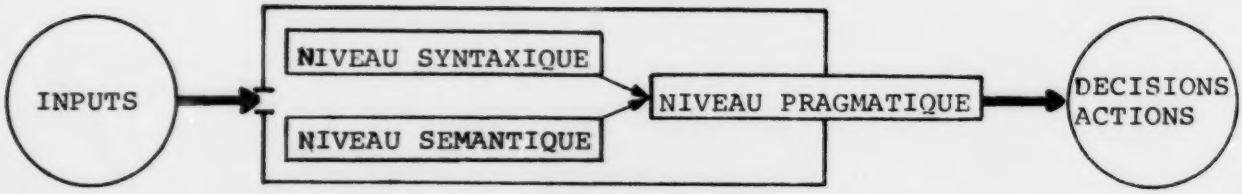
Une autre particularité du problème du langage dans le cas des modèles de design est soulignée ci-dessous.
Reprenons la nomenclature traditionnelle qui définit (au-dessus du niveau alphabétique) trois niveaux dans l'activité ce communication (réf.7.):

a) un niveau syntaxique qui détermine l'adéquation des expressions qui constituent le message;

b) un niveau sémantique qui détermine l'adéquation de l'expression linguistique avec l'événement ou le concept qu'elle entend commu--niquer;

c) un niveau pragmatique qui détermine l'adéquation de l'action déclenchée par le message avec le contenu de celui-ci.

Ces trois niveaux se retrouvent dans le cas des modèles de design alors que le niveau pragmatique est absent chez les modèles de pré--vision.
D'autre part,si le niveau sémantique est plus spécifique aux modèles de prévision,c'est au contraire le niveau pragmatique qui est le niveau spécifique des modèles de design puisque leur objectif est finalement l'adéquation des actions qu'ils provoquent aux inputs qu'on leur fournit:le niveau pragmatique est le niveau "test" qui permet de juger de la qualité globale du langage associé à un modèle normatif.Ce niveau pragmatique est d'ailleurs directement lié aux niveaux inférieurs et sans doute peut-on même affirmer que la qualité de l'adéquation au niveua pragmatique est en grande partie la consé--quence de la qualité des adéquations aux niveaux syntaxique et séman--tique.



En d'autres termes,la qualité de l'adéquation au niveau pragmatique pourrait être considérée comme le résultat des déformations que subit le faisceau d'informations qui se voit soumis aux contraintes des trois niveaux.

I.3.5.OBJECTIVITE/IMPLICATION DU DESIGNER.

Tout le processus de conceptualisation,découpage,structuration...qui constitue progressivement toute la simulation du jeu à trois acteurs, objet-problème-processus,implique l'intervention du designer dès le départ.Cet engagement confère au modèle un caractère subjectif qui conditionne bien sûr la nature et la signification des résultats produits.En termes concrets,on peut dire que l'image "structurée" que le designer construit progressivement en définissant,conceptua-lisant,...et finalement en formalisant le triple système,est la projection sur un plan bien particulier (défini par l'attitude du designer) de la structure complexe du jeu urbain que constitue ce système.
Cette dernière constatation et le problème de l'adéquation du signi-fiant au signifié traduisent simplement le fait qu'un modèle de design ne peut prétendre qu'à une relative objectivité (et à une relative validité expressive pourrait-on dire).Ceci est également vrai pour les modèles de prévision,mais pour ces derniers,cette restriction me paraît beaucoup plus dommageable parce que,je le répète,les modèles de prévision ont pour objectif la description et parfois l'explication de la Réalité.Un modèle de design se veut la traduction d'une méthode systématique de conception qui n'exclut aucunement l'implication déterminante de la vision propre au designer; celui-ci apparaît comme le chef d'orchestre d'une composition où il ne s'inscrit pas explicitement,mais qui est modelée par une optique et une logique qui lui sont propres.

Un tel modèle normatif devient discutable dans la mesure où certaines articulations traduisant des arbitrages sont non explicites.Que le modèle reproduise l'interprétation et la logique même du designer ne

me paraît pas critiquable,compte tenu des objectifs de ces modèles; mais si,dans le cadre de cette interprétation et de cette logique, certains arbitrages doivent être réalisés,il importe que ces points d'articulation apparaissent explicitement dans le modèle.Tel est le rôle des coefficients d'arbitrage signalés précédemment.

Examinons plus profondément le problème des implications politiques et idéologiques d'un modèle.
La critique est la suivante:l'intervention du designer et le problème du langage déterminent la nature et la signification des solutions produites,ce qui signifie que ces solutions ont une portée,une valeur déjà engagée,fixée dès le départ.

Envisageons par exemple le problème de la conception du développement d'un réseau de transport.Si l'on rattache le calcul des flux non pas aux demandes potentielles,mais aux demandes exprimées (seuls les déplacements effectués dans la situation de départ étant pris en compte,à l'exclusion de ceux que l'on voudrait faire),on reproduit déjà le résultat de l'adaptation des citoyens à la situation exis--tante.On écarte du même coup toute possibilité d'innovation.(réf.10 et 11).De même,si on estime la demande en déplacements sans tenir compte des conditions locales et surtout de la variabilité de la demande avec les conditions de transport,on s'oriente vers la cons--truction d'un réseau de transport reproduisant une demande figée, détachée de la réalité.
Dans le cas de la création d'une ville nouvelle où la demande locale n'existe pas encore,l'estimation de celle-ci à partir des premières prévisions sur l'utilisation des sols et à partir d'enquêtes sur les mêmes types d'activités dans d'autres villes,est la seule méthode possible,mais si l'on exprime pas ensuite la variabilité de cette demande,de façon endogène au modèle,en fonction des quantités locales d'activités (elles-mêmes endogènes) et en fonction des caractéris--tiques (elles-mêmes endogènes) du réseau,on aboutira nécessairement à un réseau qui a perdu tout contact avec la réalité des comportements et où les tensions risquent par conséquent d'être importantes.

Les difficultés sont donc plus précisément de trois ordres car:
a)il faut identifier les variables significatives ("relevant") pour le modèle;leur nombre est souvent fonction de notre ignorance comme le souligne Cartwright à juste titre (réf.8);
b)il faut mettre en relation ces variables en prenant en compte et en explicitant toutes les interactions possibles,c'est à dire en allant jusqu'aux niveaux les plus bas;
c)il faut que les paramètres,dont le rôle est en fait de quantifier certains concepts contenus dans le modèle,soient ou bien évalués en fonction de la situation locale (besoins exprimés et potentiels),ou bien eux-mêmes exprimés en fonction de variables endogènes (et exogè--nes).

Les implications politiques ou idéologiques des méthodes systémati--ques de design apparaissent encore plus profondes lorsqu'on s'inter--roge sur la façon avec laquelle ces méthodes tiennent compte des différents coûts et avantages attachés à toute opération de dévelop--pement.
Toute procédure de design manipule des critères (objectifs,contrain--tes) qui servent aux évaluations,sélections...internes.Le modèle a ainsi des implications à deux niveaux:
a)D'une part,en ne reprenant qu'une série de critères,on pénalise du même coup les autres critères.C'est là un choix important dont dépend l'entièreté des plans élaborés.(D'où l'utilité des modèles de prévision).
b)L'arbitrage qui est réalisé,à l'intérieur du modèle (il s'agit des articulations dont je parlais plus haut) entre les différents critè--res retenus,présente la même importance.Si la procédure attache,par exemple,plus d'importance au coût de transport qu'à la mesure de la congestion spatiale,le plan en sera d'autant plus compact.Cette pondération des critères doit être explicite si l'on veut "jouer" avec elle et l'utiliser dans le cadre d'un débat public.C'est le rôle des coefficients d'arbitrage que de rendre explicite cette pondération de nature politique.

I.3.6.ADEQUATION DU MODELE A LA REALITE.

Cette question délicate est apparue dans les pages précédentes à différents moments et surtout dans le dernier paragraphe.

Le problème du langage,l'optique systémique,l'intervention du designer, les implications politiques,etc...aboutissent finalement à l'interro--gation suivante:comment juger de l'adéquation du modèle,simulation de la triple interaction objet-problème-processus,à la réalité du fait urbain qui constitue justement cet objet dont le modèle prétend orchestrer le développement?
Comment les multiples opérations de découpage,conceptualisation, structuration,formalisation,exploration...peuvent-elles finalement ne pas conduire à des solutions sans plus aucun rapport avec la réalité complexe du système urbain?
Le paragraphe précédent a déjà avancé quelques éléments de réponse. Examinons plus profondément ce problème.

Deux exemples:

A)L'approche systémique,par exemple,qui amène à l'identification de deux sous-systèmes,l'ensemble des activités (utilisations du sol) d'une part et le système de transport d'autre part,a conduit de nom--breux auteurs à traiter séparément ces deux aspects de l'espace urbain et régional alors qu'ils sont étroitement dépendants l'un de l'autre.C'est là en quelque sorte une conséquence d'une approche systémique mal comprise qui a conduit à ne retenir d'un certain découpage que l'existence des éléments constituants en faisant abstrac--tion de la relation fondamentale de dépendance des deux sous-systèmes en question.Cette constatation a amené d'autres chercheurs (III.3.) à construire des modèles de planification intégrée,c'est à dire visant à la conception simultanée de l'utilisation des sols et du réseau de transport.

B)En négligeant la hiérarchie qui existe entre certaines activités urbaines,plusieurs modèles de planification affectent en bloc un ensemble d'activités sur un ensemble de zones,sans tenir compte de

cette hiérarchie.
Par hiérarchie,il faut entendre le fait que les interactions (en pratique les déplacements) entre activités sont fonction des distan--ces (coûts généralisés de transport,pour être plus général) et non pas fixes,de sorte qu'en réalité,les déplacements entre certaines activités ne se produisent effectivement que si elles sont proches l'une de l'autre.Pour être plus précis,envisageons une activité A et deux activités B_1 et B_2 de même type,B_2 étant plus éloignée de A que B_1;la demande en déplacements de l'activité A vers les activités de type B est Q_{AB};il se peut fort bien qu'en réalité,aucun déplace--ment ne se produise entre A et B_2 et que toute la demande Q_{AB} condui--se à des déplacements uniquement entre A et B_1.C'est ce qui se passe le plus souvent pour les déplacements entre les résidences et la plupart des services publics.En d'autres termes,en plus du problème de la localisation,il y a,pour certaines paires d'activités,le pro--blème de l'allocation des demandes.Négliger ce problème conduit à une simplification importante de la réalité;cette simplification, rendue nécessaire lorsque furent imaginés les premiers modèles de planification urbaine,est aujourd'hui remise en question (III.3.2.).

Bref,un problème fondamental se pose:c'est celui de l'adéquation des modèles à la réalité.

D'une façon générale,on peut dire qu'il y a adéquation lorsque les résultats d'un modèle,une fois implantés,réduisent autant que possible les tensions potentielles.Cette proposition doit être rapprochée de ce qui a été dit au paragraphe I.3.3.2.2. à propos de la corrélation entre les informations afférentes et efférentes (faculté d'anticipa--tion...).

Si la proposition ci-dessus est acceptable,on peut dire que l'adéqua--tion d'un modèle de design à la réalité exige la prise en compte, à l'intérieur du modèle,des tensions de nature structurelle qui pourraient naître une fois les résultats implantés.
Cela revient à dire qu'un modèle de design ne peut être conçu que dans le cadre d'une théorie urbaine fondée sur des hypothèses de

comportement.(réf.19 et 20)

Comme je l'ai déjà suggéré précédemment,cette nécessité pour les modèles de design de se fonder sur une théorie de l'Urbain est à l'origine de la confusion entre eux et les modèles de prévision.La différence est que la théorie constitue la substance même des modèles de prévision et est,dans leur cas,souvent très détaillée et nuancée, alors que dans le cas des modèles de design,la théorie constitue le lien entre la réalité et la conception d'un système artificiel.En d'autres termes,c'est l'implication dans un modèle de design d'une théorie urbaine qui rend possible la conception d'un artificiel dans le respect des propriétés et des lois spécifiques à la réalité;la théorie joue le rôle de référentiel grâce auquel les tensions struc--turelles peuvent être anticipées et donc minimisées.
"Nothing is more self-defeating than a design effort which is not based on an intimate knowledge of goals,of means,and of interrelation--ships."(réf.20).

L'inconvénient que présente l'intégration d'éléments théoriques dans un modèle normatif est de nature technique.L'efficacité d'un modèle est en effet très sensible à la quantité d'informations qu'il doit manipuler et aux types de relations qui transforment ces informations. Si le modèle est détaillé,s'il veut se rapprocher des mécanismes et comportements réels,le processus opératoire devra être d'autant plus sophistiqué,plus le modèle sera gourmand en informations dont la formalisation sera complexe,et donc plus son efficacité technique se verra réduite.La volonté de se rapprocher le plus possible de la réalité n'est donc pas nécessairement souhaitable;il y a un arbitrage à réaliser entre l'efficacité technique du modèle et la justesse de la représentation des phénomènes réels.D'ailleurs,le rôle d'un modèle normatif est de fournir des plans ou esquisses de plans dont il n'est pas nécessaire que le niveau de détail soit élevé;ce qui importe,c'est que le modèle soit à même de fournir rapidement plusieurs solutions qui soient les "meilleures" vis à vis des critères retenus:le rôle d'un modèle de design est la réduction de l'espace des solutions

possibles et non la génération d'une solution détaillée et prétendue la meilleure.
En conclusion,l'adéquation d'un modèle normatif à la réalité n'est réalisable que moyennant l'implication d'une théorie urbaine,mais ces fondements théoriques ne doivent pas prendre le pas sur l'efficacité et l'utilité première du modèle.

I.3.7.TROIS DIMENSIONS CARACTERISTIQUES DES MODELES DE DESIGN.

Pour terminer cette réflexion sur le rôle,la nature et les propriétés spécifiques des modèles de planification,il me paraît utile de mieux caractériser l'attitude que supposent ces modèles vis à vis des multiples approches possibles pour un travail de planification urbaine.
L'analyse qui suit porte sur trois dimensions caractéristiques (réf. 13) de toute attitude de conception.Ces dimensions se réfèrent aux idées,aux processus intellectuels,aux aspects politiques et stratégiques...bref,à tout ce qui se rattache,d'une façon ou d'une autre, à la pensée spécifique à la phase de design dans le processus complet de planification.

Ces différents thèmes ont été abordés dans les pages précédentes; l'optique systémique a largement été mise en évidence,la logique de conception et les implications diverses d'un modèle de design ont été soulignées,etc...L'objectif de ce qui suit est de dégager de ces diverses réflexions une caractérisation générale,simple et schématique de l'attitude que supposent les modèles de planification.

Chacune des trois "dimensions" en question peut être définie comme un "continuum" aux extrémités duquel se trouvent des attitudes,des concepts opposés:

a) alternatif,séquentiel... ←——→ continu,évolutif...
b) rationnel,centralisé... ←——→ empirique,décentralisé...
c) normatif... ←——→ tactique...

a)Alternatif versus continu.

Un processus de conception traditionnel est de type alternatif en ce sens qu'il opère par étapes successives,en produisant à chacunes d'elles un ensemble de schémas,de plans...Les produits sont éphémè--res,temporairement fixés et définitifs.
Un processus continu serait celui où des informations sont constam--ment introduites dans la "boîte design",et les réponses sont immé--diates;la "boîte design" produit une information sans cesse modifiée, réaction aux nouveaux inputs.

Cette dimension est directement liée à trois facteurs:
-les intervalles de temps internes et externes à la phase de design;
-l'image technique du fait urbain;
-l'intention de contrôle.

1)Les intervalles de temps internes sont les périodes de temps qui caractérisent les différentes opérations internes.
Les intervalles de temps externes sont relatifs au temps qui s'écoule entre les informations produites par l'activité de design et l'assimi--lation des informations retour dans une nouvelle phase de design.

Un processus alternatif est affecté par des intervalles de temps internes et (ou) externes importants.Les passages dans la "boîte design" sont d'autant plus nombreux,c'est à dire le nombre d'intervalles externes est d'autant plus grand,que l'expérience passée ("learning system") est abscente ou mal assimilée.Les intervalles internes sont bien sûr d'autant plus grands que les processus même de conception sont sophistiqués,complexes et gourmands en informations.

2)Les procédures internes de travail affectent cette dimension par le caractère plus ou moins "mécanique" de l'interprétation du fait urbain qui est implicite à la représentation utilisée (que celle-ci soit purement graphique ou purement mathématique),c'est à dire à "l'image technique" conçue par le designer.Les méthodes fondées sur une vision mécanique du fait urbain,c'est à dire qui supposent l'exis-

-tence de lois de fonctionnement de type mécanique,sont souvent des méthodes de type alternatif parce qu'il faut des variations struc--turelles importantes du plan pour que ces lois mécaniques réagissent sensiblement.A l'opposé,des méthodes manipulant des relations plus nuancées,des relations de nature probabiliste,des images plus détail--lées,c'est à dire finalement se voulant plus proche de la réalité, correspondent plutôt à des méthodes de type continu parce que leur sensibilité est plus grande;en d'autres termes,on peut dire qu'une vision stochastique,nuancée du fait urbain va de pair avec un systè--me de type continu parce qu'il assimile mieux la variabilité des phénomènes urbains.
Dans le cas d'un système continu,la notion de plan,d'environnement idéal devrait être moins déterminée,moins rigoureuse;l'approche de ce concept "d'idéal" serait plus prudente du fait même de la complexité dont tient compte l'image technique de l'objet.Il en résulte qu'une méthode continue sera plus diffuse,fort peu systématique et que les décisions qu'elle indique seront "négatives" (taxes,restrictions sur l'utilisation du sol,normes...)plutôt que "dirigistes" (telle quantité d'activité dans telle zone,telle division des sols,...)

3)L'intention de contrôle (par le système de planification) sur le réel (c'est à dire l'intention de planification au sens fort) est relativement plus limitée dans le cas d'un processus continu que pour une méthode séquentielle.Un système continu ne suppose guère une action orientée,une stratégie,une intention de guider un développement dans un sens précis,mais au contraire d'adapter les activités de design aux informations retour qu'une analyse ultérieure (opérations externes du paragraphes I.3.3.2.2.) leur renvoie ou encore au dévelop--pement réel tel qu'il se produit effectivement.
Une méthode de type alternatif,par le fait même qu'elle produit des documents momentanément fixés,implique davantage une intention de contrôle,d'organisation globale.

b)Rationnel,centralisé versus empirique,décentralisé.

Une méthode rationnelle (j'entends par là:qui veut traiter l'ensemble

des problèmes globalement,dans le cadre d'une analyse et d'une logique scientifique) suppose une certaine centralisation du système de plani--fication,au moins en ce qui concerne la canalisation des informations. Cette centralisation implique des relations de pouvoir,de hiérarchie, d'autorité et de responsabilité.
Un système rationnel-centralisé se veut également concerné par les notions d'intérêt public,de bien-être collectif.
La troisième implication d'un système de ce type est l'intervention d'un assez haut degré de technicité.
Enfin,la rationnalité suggère l'évaluation de toutes les décisions alternatives possibles de façon à dégager l'ensemble des "meilleurs décisions".Ce vocable rationnel est souvent associé à l'expression anglo-saxonne "comprehensive planning".Ce type de design est,d'une façon générale,fondé sur un traitement global de l'objet,il envisage les totalités,les ensembles de façon systématique.Cette optique est en ce sens très voisine de l'approche systémique.
Ces attitudes (rationnelle-centralisée,comprehensive planning...) sont sévèrement critiquées en raison de leur caractère utopique,de leur centralisation excessive,de leur certitude de pouvoir traiter des réalités complexes et diversifiées dans leur globalité et cela de façon prétendue scientifique.

A l'opposé de cette attitude,on rencontre une approche se voulant plus proche de la réalité et donc essentiellement décentralisée.Pour cette optique,la recherche des meilleures actions doit être explora--toire,empirique;elle envisage davantage les problèmes "sur le terrain" et ses opérations sont fragmentées.("disjointed incrementalism" est sans doute l'expression qui traduit le mieux cette attitude.).Cette approche se veut donc démocratique.

La difficulté majeure d'une approche rationnelle-centralisée est de maintenir la cohérence entre les décisions du système central et les activités des systèmes "inférieurs",c'est à dire d'organiser un ensemble d'institutions,de définir leur niveau d'autorité,d'autonomie et de responsabilité.
La seconde difficulté est l'organisation d'une collaboration inter-

-disciplinaire,rendue indispensable par le fait même que cette appro--che rationnelle a la prétention de traiter des globalités.De ce point de vue,"l'image technique" dont j'ai parlé plus haut joue un rôle important:elle doit embrasser les différents aspects du fait urbain et de son contexte.

De l'autre côté,l'inconvénient majeur d'une attitude empirique,décen--tralisée,est un certain manque de cohérence,de rationnalité d'ensemble qui risque de conduire à des pertes d'économie globale.

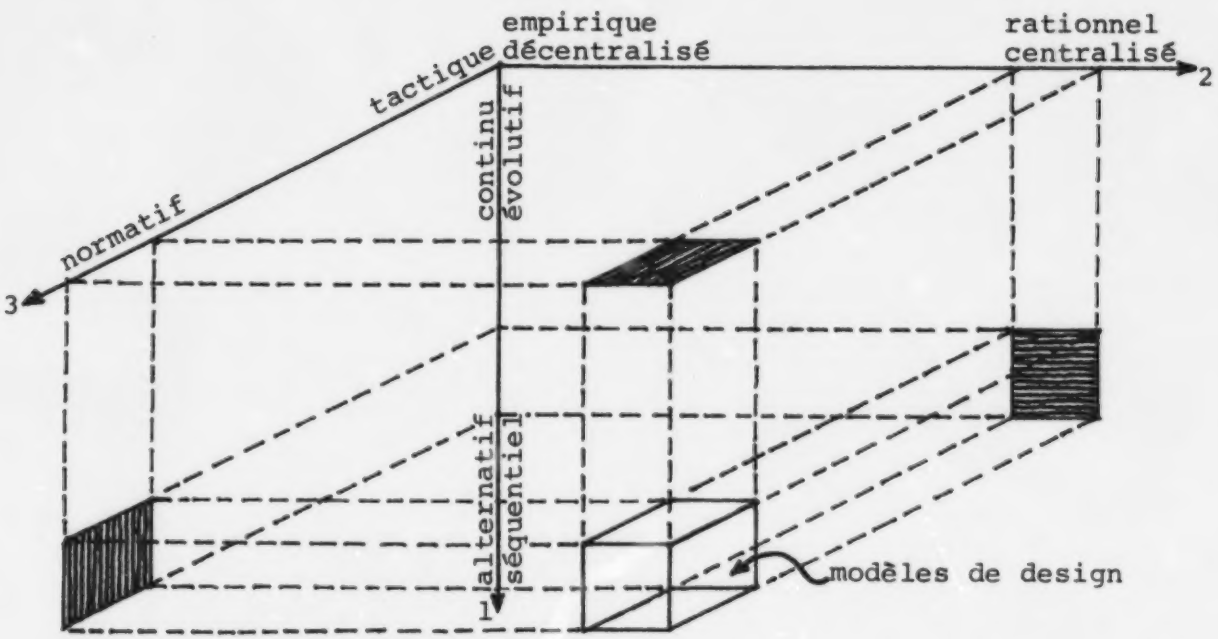
c)Normatif versus tactique.

Cette troisième dimension se réfère surtout aux intentions,aux objec--tifs et aux moyens de les atteindre.

Un méthode tactique est un exercice technique qui se veut rationnel uniquement vis à vis des moyens qu'il met en oeuvre pour atteindre des buts directement suggérés par une situation précise.Ces objectifs apparaissent en quelque sorte "spontanément",ils sont définis par les divers problèmes qui se posent à certains moments;un système de conception tactique consiste à adapter les opérations,les moyens à des objectifs divers.

Un système normatif se veut rationnel dans son entièreté.Les objectifs qu'il choisit sont prétendus correspondre identiquement à ceux du système urbain global,et il organise toute son action dans le but d'une adaptation à ces objectifs.
Un tel système normatif implique donc une limitation de l'autonomie des organismes des niveaux inférieurs du système de planification.
Il est par nature stabilisateur en ce sens qu'il retient les initia--tives locales.Ses détracteurs lui associent plutôt les qualificatifs de conservateur,voire de réactionnaire.Je pense qu'intégré dans un processus complet fondamentalement explicite et cyclique depuis les niveaux les plus bas,un processus normatif peut perdre cet aspect autoritaire qui le caractérise à priori.

d) Où se situent les modèles de design dans le cadre des trois dimensions ainsi définies?



Les modèles de design se situent relativement loin sur l'axe 1 sans pour autant se localiser aussi loin que les méthodes traditionnelles. L'extrême réduction des intervalles de temps internes leur confère davantage de continuité et augmente leur faculté d'assimilation des changements, leur rapidité de réponse à un contexte variable. Mais leur image technique est le plus souvent très mécanique et leur volonté de contrôle global sur l'objet est importante.
Ces modèles se situent bien sûr fort loin sur l'axe 2. Remarquons que le processus complet dont fait partie le modèle de design, en principe, est par contre plus rapproché de l'origine "empirique" et cela en raison du caractère cyclique du processus complet qui lui permet de tenir compte rapidement des fluctuations des situations locales.
Enfin, ils se situent fort loin sur l'axe 3, et cela surtout en raison

de leur volonté de systématisation du design,systématisation qui exige que l'entièreté du système urbain soit organisée rationnellement vers un ou quelques objectifs globaux (ou encore vers la satisfaction d'ensemble d'une série de contraintes définies à priori comme celles dont le respect entraîne la réalisation d'un tout qui est globalement accepté comme le plus souhaitable).Remarquons aussi que,comme dans le cas de l'axe 2,et pour la même raison,le processus complet est moins proche de l'extrémité "normatif".

Ce diagramme à trois dimensions se veut schématique et n'a la prétention que de mieux faire apparaître certaine idées pour situer plus globalement les modèles de planification.

I.4.CRITERES DE QUALITE D'UN MODELE DE DESIGN.

Les pages précédentes ont mis en évidence une série de thèmes de réflexion.Quelques concepts ont été précisés,quelques difficultés soulignées et analysées.L'objectif était,d'une façon générale,de mieux faire apparaître le rôle,la nature et les propriétés spécifiques des modèles de planification.Toute cette réflexion devrait,j'espère, conduire à une plus grande connaissance du travail de conception systématique en général et à une plus grande maîtrise,en particulier, des problèmes que posent l'élaboration et l'utilisation des modèles de design.

Les quelques lignes qui suivent devraient compléter la discussion en donnant une liste non exhaustive mais essentielle des principaux

critères qui devraient être pris en considération lors de la conception d'un modèle de planification.(réf.28 et 29).

Trois aspects essentiels doivent être considérés:

-La formalisation de l'ensemble objet-problème.Cette formalisation doit être réalisée de la façon qui définit le plus clairement possible l'espace des solutions possibles.
-Les processus même de conception,c'est à dire surtout les méthodes d'exploration de l'espace des solutions possibles,les procédures de structuration,les opérations d'évaluation et de sélection...Ces processus regroupent l'ensemble des mécanismes logiques par lesquels des solutions sont produites.
-La formalisation des processus,c'est à dire les algorithmes,les programmes d'ordinateur,etc...Ce troisième aspect est donc de nature technique.

Les critères suivants sont les plus importants.Ils concernent chacun un ou plusieurs des trois aspects énoncés ci-dessus.

A)Pertinence,adéquation de la représentation et sensibilité du modèle.
Quelles sont les classes de problèmes qui peuvent être traitées par le modèle?Quelle est la sensibilité du modèle à des variations de l'ensemble objet-problème ou à des modifications du processus interne de conception?
Un modèle est utile s'il est à même de générer des solutions suffisam-ment différentes structurellement pour justifier chacune d'une évaluation plus détaillée,à l'aide d'un modèle de prévision par exemple (pour finalement aboutir à la sélection d'une solution).
Il faut donc se demander si le modèle est suffisamment sensible

- -d'une part à des variations des inputs contrôlables (variables exogènes de contrôle et coefficients d'arbitrage) lorsqu'on ne modifie pas la structure interne du modèle;
- -d'autre part,aux modifications que l'on peut apporter au processus opératoire (modification des algotithmes,substitution d'un algorithme à un autre,...)lorsqu'on laisse inchangés les inputs contrôlables.

B)Réductibilité de l'espace des solutions possibles.
L'objectif d'un modèle de design est la réduction de l'espace des solutions possibles.Il existe une réduction optimale:s'il y a trop de solutions générées,le processus complet se trouve en difficulté parce qu'il y a trop de solutions à analyser;s'il y a trop peu de solutions produites,le principe même du modèle devient discutable parce qu'il ne laisse plus aucune liberté d'évaluation et de choix. Ce problème de la réductibilité optimale est lié à la définition des contraintes.A chacune d'elles correspond un ensemble de solutions qui la satisfont;si l'intersection de ces ensembles est elle-même un ensemble non vide,il y a au moins une solution qui les satisfait toutes;par contre,s'il y a peu de contraintes,on aura trop de solutions. Dans les deux cas,on doit redéfinir l'ensemble des contraintes,soit en retranchant certaines d'entre-elles,soit en définissant de nouvelles. (Ce problème des contraintes est l'une des faiblesses principales de la méthode d'Alexander et de l'approche par les contraintes dont il sera question en III.1.)

C)Qualité de la solution obtenue pour des opérations internes données.
Il faut se demander si,pour une formalisation donnée de l'ensemble objet-problème-processus,le processus en question (les opérations internes) fournit une solution satisfaisante.Dans le cas d'un problème d'optimisation où une procédure heuristique est utilisée (voir III.2.4.) il faut se demander si l'algorithme produit une solution optimale ou suffisamment proche de l'optimum.

D)Efficacité des programmes d'ordinateurs.
Ce critère se rapporte aux temps d'exécution,aux places de mémoire utilisées,...Il dépend des méthodes d'exploration et du codage lui-même.

E)Facilité de communication à l'utilisation.
Est-il facile de dialoguer avec le modèle,par exemple en faisant varier certains poids dans la fonction objectif (coefficients d'arbi--trage)?Est-il facile de modifier les données pour essayer d'obtenir de nouvelles solutions?

II.LES MODELES DE PLANIFICATION ET LA REALITE PROFESSIONNELLE ET POLITICO-ECONOMIQUE.

Les modèles de design envisagés dans ce mémoire ont pour objectif l'organisation,la planification du système urbain et régional. L'élaboration d'un tel modèle n'est donc justifiée que par l'utilisation pratique qui en sera faite,c'est à dire par son insertion,à un endroit qu'il convient d'identifier,dans le processus réel de prises des décisions concernant le développement de l'agglomération.C'est la raison pour laquelle il me paraît utile de compléter les réflexions précédentes,et notamment l'identification des principaux critères de qualité d'un modèle de design,par quelques considérations "stratégi--ques" sur la façon avec laquelle ces modèles pourraient s'insérer dans la réalité professionnelle (prises des décisions) et politico-économique (contexte).

Bien sûr,c'est tout le processus complet de planification qui a des objectifs à la fois physiques,politiques,sociaux et économiques, mais c'est la phase de design proprement dite qui a les influences les plus profondes car elle est une phase de création,une phase structurante,une phase dont la logique est normative.

L'analogie qui est brièvement développée ci dessous entre le système de design et les institutions,les organismes économiques et leur contexte a pour objectif de mieux faire apparaître précisément les aspects économiques (et donc politiques,professionnels...) de cette phase de design en regard du rôle qu'on lui assigne.Il me semble d'ailleurs que des études devraient se poursuivre en ce sens,afin de mieux identifier la forme que devrait prendre un modèle pour s'insé--rer dans le processus décisionnel réel de la façon la plus souple, la moins contraignante.La discussion qui suit est l'ébauche d'une réflexion plus générale qui devrait servir à mieux saisir les critères de nature opérationnelle qui devrait être pris en considération (*) pour que ces modèles puissent jouer leur rôle.

(*)Les questions abordées ici sont relatives à l'utilisation,à la portée pratique des modèles de planification.Un ouvrage de K.J.Arrow (réf.2),entre autres,m'a permis de mieux structurer et de synthétiser ma réflexion.

L'objet physique au coeur des activités de planification est le sol, ressource rare,ressource "communautaire" qui doit être distribuées entre différentes activités,différents clients qui sont en compétition les uns avec les autres pour l'acquisition de ce bien collectif.
A cet objet est associé un système de prix.Le marché foncier est la mécanique institutionalisée qui détermine les conditions de ces échanges,de ces affectations.La première constatation à faire est la suivante:l'évolution de l'espace urbain et régional possède en partie les caractéristiques d'un échange économique.(I.1.2.2.).

Le système de prix,dont le marché foncier n'est qu'un aspect,est un type particulier de système social dont on peut montrer (sous certai--nes hypothèses qui sortent du cadre de cet exposé) qu'il permet de parvenir à l'efficience,ce dernier terme devant être interprété comme suit:"nous disons d'affectations ou de systèmes qu'ils sont efficients lorsqu'il n'existe aucun autre système ou affectation qui soit meilleur,au sens fort:le mieux être de tout individu".(Il s'agit en fait de la notion d'efficience ou d'optimalité de V.Pareto).
Le système de marché est "efficient" parce qu'il permet aisément le transfert des biens et services par la seule intervention des prix. "Les individus obtiennent un revenu en vendant à des prix donnés leurs services personnels et le service des choses qu'ils possèdent. Ils utilisent ce revenu pour acheter des biens,(...).et si la société produit ni plus ni moins que ce que les gens veulent acheter aux prix donnés,on peut énnoncer le fait (...) suivant:l'état résultant est efficient pourvu que certaines hypothèses (...) soient vérifiées". Lorsqu'un particulier,une industrie,un centre commercial...acquiert une parcelle de sol (on est alors dans le cas particulier du marché foncier),il doit payer un prix qui est considéré comme la valorisa--tion de cet échange.
Ce système de marché possède d'ailleurs d'autres vertus.Arrow signale notamment qu'il a la particularité de pouvoir fonctionner sans que les agents économiques aient besoin d'une grande quantité d'informa--tions.D'autre part,il donne à l'individu un sentiment de liberté puisqu'il est libre d'agir au sein de ce système.

Tout serait pour le mieux dans le meilleur des mondes si la réalité n'était pas quelque peu plus complexe.Le système de prix n'est pas satisfaisant,et cela pour les raisons suivantes.(Celles-ci complètent en quelque sorte les trois constatations du paragraphe 1.1.2.3.).

a)Le sentiment de liberté que pourrait avoir l'individu est souvent illusoire.Sa liberté d'action "est très réduite en fait si son revenu est très faible.Ce n'est pas la justice qui détermine le revenu de quelqu'un,mais un système compliqué d'interactions qui ont une signification difficile à établir".Le marché foncier en particulier n'est donc pas satisfaisant pour "tout individu".
b)Le système de prix ne conduit d'ailleurs pas nécessairement à une juste répartition des revenus.Même si à un certain moment,une "juste" répartition s'établit,le système de prix en tant que tel n'implique aucunement que cette situation d'équité demeure permanente.
c)Le marché foncier (et le système de prix en général) conduit à des échanges,à des affectations qui ne tiennent pas compte de ce que les économistes appellent les "externalités" (réf.15 et 57).Le sol n'est en effet pas le seul bien qui participe à ces échanges.D'autres biens et certaines interactions sociales auxquels aucun prix ne peut être attaché y participent aussi.Il s'agit par exemple de l'utilisa-tion de l'air et de l'eau,utilisation dont la structure spatiale et l'intensité est déterminée par les occupations du sol et qui finale-ment détermine la structure et l'intensité des différents types de pollutions.Les externalités sont plus souvent des interactions socio-économiques beaucoup moins apparentes.Il s'agit par exemple des valeurs exagérées que prennent les terrains dans certaines régions "à la mode";il s'agit de l'obligation devant laquelle se trouve um agricul-teur qui se voit forcé de changer de type de culture,du fait de l'implantation dans son voisinage d'une usine polluante,etc...Aucun prix ne peut être attaché à ces interactions socio-économiques qui ont pourtant une valeur économique réelle;"ce ne sont pas des marchan-dises pour lesquelles l'échange sur le marché soit techniquement possible ou même ait un sens".
d)Les variations des prix fonciers ne traduisent pas simplement les lois classiques de l'offre et de la demande,elles ne reflètent pas vraiment des mécanismes de production et de consommation (le sol n'est

pas un bien renouvelable).En d'autres termes,le marché foncier relève davantage d'un jeu financier que d'une économie attachées à des ressources.
e)Par le système de prix,il y a réduction des activités humaines à des échanges exclusivement économiques,dénués de toute valeur cultu--relle "supérieure" et dont les motivations "sont souvent condamnées par nos systèmes éthiques.Il élève l'égoïsme au rang de vertu",il conduit l'individu à "ignorer le reste du monde" et fait naître des tensions qui résultent simplement du fait que "nous ne souhaitons pas dans nos relations interpersonnelles une aliénation et un anony--mat pareils".

La conclusion qu'il faut tirer est que le système de prix ne peut être l'arbitre suprême de la vie collective en général et de l'utili--sation du sol en particulier.Un autre système d'arbitrage doit intervenir,dans ce contexte essentiellement économique mais où d'autres critères doivent désormais trouver leur place.
"(...) du point de vue de l'efficience,il faut autre chose de plus que le marché.D'autres modalités de commamde de l'affectation des ressources interviennent.La plus évidente d'entre-elles est l'inter--vention du gouvernement à tous les niveaux".Encore faut-il que cette intervention introduise d'autres critères que ceux relevant d'un point de vue strictement économique.
D'où la nécessité et le rôle des organismes de planification tels que justifiés au début de ce mémoire.Ces institutions de planification doivent intervenir,parallèlement au système de marché,pour orienter les décisions et cela notamment en ayant recours aux modèles de planification qui fournissent des esquisses de plans sur base desquels un débat est possible.
D'où également la nécessité pour ces systèmes de planification de tenir compte profondément de ce contexte économique,et donc,précisé--ment,de présenter les caractères d'une institution de nature écono--mique:

a)Les activités de planification sont nécessairement de nature économique parce qu'elles doivent être le complément du système de

prix dans la régulation de la distribution des sols,considérés comme ressource rare et bien collectif,entre de nombreux agents économiques en compétition.
La planification urbaine et régionale présente d'ailleurs une caractéristique commune importante avec les organisations économiques complexes:le planificateur manipule des données,des paramètres...dans un contexte riche en canaux d'informations,mais également riche en incertitudes.

b)Le système de design doit jouer le rôle d'une institution parce que son objectif est structurant,normatif pour une globalité.Même si les informations qu'il transmet ne sont pas prises en considération (ce qui dépend de l'autorité qu'on lui attribue et de son champ d'influence),il n'en reste pas moins vrai que son action doit demeurer "dirigiste".
Le système de planification partage d'ailleurs de nombreuses caractéristiques communes avec d'autres organisations (gouvernement,entreprises,universités...):le besoin d'action collective,l'affectation de ressources par des méthodes autres que le marché...La création d'un système efficace n'a donc rien d'utopique,en tant que tel.

c)Pour jouer son rôle,pour trouver sa place dans le processus global de prise des décisions de développement,le système de planification doit tenir compte des caractéristiques socio-politiques de notre économie,et plus précisément du bien-être collectif d'une part et des intérêts particuliers d'autre part;il s'agit donc de rallier les comportements individuels,les intérêts privés aux objectifs d'une action commune tout en respectant les fondements libéraux de cette économie.Il est hors de doute que cette adéquation ne puisse être atteinte sans une acceptation différente de la notion de liberté économique.

L'utilisation effective d'un modèle de planification exige qu'il soit élaboré dans le cadre des quelques réflexions avancées ci-dessus.Bien sûr celles-ci ne sont qu'une ébauche;des études en ce sens s'avèrent indispensables.
Les difficultés se résument sur deux niveaux:

1.Parvenir à préciser les critères,objectifs,contraintes...,malgré les nombreuses incertitudes sur les données et les conséquences des décisions de planification.
"Les spécialistes,à la fois économistes et moralistes,essaient de parvenir à la définition de critères objectifs.Mais je pense que l'on peut dire que cette recherche n'a pas encore été concluante pour des raisons qui me paraissent propres à la logique du sujet.Les faits essentiels sont ici le caractère incommensurable et imparfaitement communicable des besoins et des valeurs".
De ce point de vue,même s'il est difficile et impossible dans certains cas,de donner une mesure exacte et rigoureuse des différents critères, l'important est de pouvoir en donner une mesure agrégée qui permette, pour un critère donné,la comparaison entre différentes alternatives d'action.La pondération des critères entre-eux est alors un problème exclusivement politique et c'est à ce niveau politique que se situent les difficultés.(Les mesures agrégées en question ne présentant que des difficultés d'ordre technique.)

2.Le système de planification doit s'insérer dans le processus réel global de prise des décisions concernant le développement de l'agglo-mération tout en respectant le caractère libéral de notre société.
Cette insertion suppose bien sûr,à un certain moment,une relation de pouvoir et d'autorité,mais elle doit se faire le plus souplement possible.En annexe,le lecteur pourra trouver un exemple de schéma possible d'insertion d'un modèle de planification (le modèle de M. Los dont il sera question au paragraphe III.3.2.) dans le processus décisionnel en question.J'ai construit ce schéma en explicitant surtout l'introduction du modèle dans le cadre des décisions du secteur production (décisions privées des firmes industrielles...), parce que c'est ce dernier qui présente le plus de difficultés, notamment du point de vue du critère pollution dont tient compte ce modèle.

III.LES MODELES EXISTANTS.

III.1.PRESENTATION GENERALE DES MODELES DE DESIGN EXISTANTS.

Le but de ce chapitre est de réaliser une synthèse critique aussi claire que possible des modèles de design existants.L'une d'entre-elles sera largement présentée.(III.2 et III.3.4)
La difficulté de classification de ces méthodes réside dans le fait qu'elles possèdent de nombreuses caractéristiques communes,notamment en utilisant des "opérations" (I.3.3.1.) similaires.Cette classifi--cation est réalisée sur base des principes fondamentaux qui différen--cient les approches possibles.(réf.28 et 29).

III.1.1.APPROCHE PAR DECOMPOSITION.

Ch.Alexander (réf.1) fut l'un des premiers à se pencher sur les métho--des systématiques de design.Il propose une méthode qui est à la fois une procédure de structuration et de génération.En gros,sa méthode est la suivante:on part d'un certain nombre de contraintes qui devraient être prises en compte pour réaliser un objet,une forme,un plan...,et on essaie de les partitionner en sous-groupes relativement indépendants,c'est à dire tels que,à l'intérieur d'un même sous-goupe de contraintes,les interactions positives (interactions qui expriment la possibilité de satisfaire conjointement les contraintes en question) soient très fortes,mais entre lesquelles les interactions négatives (interactions qui rendent difficile la satisfaction simultanée de ces contraintes) sont faibles.On essaie alors de trouver une "forme" qui satisfasse chacun des sous-systèmes,et on recompose les solutions partielles en une solution globale.
Malheureusement,la méthode ne dit rien quant aux mécanismes de concep--tion d'une "forme" satisfaisant un sous-groupe de contraintes.Elle ne dit pas non plus comment synthétiser les solutions partielles en une solution globale.La "boîte design" reste une boîte noire et on ne peut parler d'un véritable modèle de design.D'un autre côté,comment juger de l'indépendance relative des différentes contraintes?Il y a là une procédure interne d'arbitrage,d'évaluation qui peut difficile-

-ment être synthétisée et rendue explicite.

III.1.2.APPROCHES DE NATURE STRUCTURALISTE.

L'approche d'Alexander procède à une structuration des données,mais je ne pense pas qu'on puisse la qualifier de structuraliste au sens qui a été défini au paragraphe I.1.1.Les méthodes dont il est question ci-dessous sont structuralistes parce qu'elles font appel à une gram--maire,à une combinatoire d'éléments.
Elles partent toutes d'une caractérisation de l'ensemble des plans possibles.

III.1.2.1.Approche par les Contraintes.

On définit d'abord un groupe de contraintes ("standards") que le plan doit satisfaire à priori,et ensuite on essaie de caractériser l'ensem--ble des plans possibles pour y rechercher le sous-ensembles de plans réalisables,une solution réalisable étant définie comme une solution possible qui satisfait toutes les contraintes.

Un grand nombre de travaux ont été réalisés sur ce principe,notamment pour la génération automatique de plans d'appartements (réf.12).Ces méthodes pourraient être assez facilement généralisées aux plans d'urbanisme.
Les pièces d'un appartement peuvent être représentées par les noeuds d'un graphe;les arêtes de ce graphe représentent les contraintes d'adjacence qui peuvent elles-mêmes être relatives à différents critères (proximité fonctionnelle des activités,gêne que constituent ces proximités du point de vue de l'intimité familiale,du point de vue du bruit,...).Une valuation des arêtes est donc possible à partir de ces différents critères,et on peut rechercher les configurations "optimales" des contraintes.Le problème consiste ensuite à trouver des représentations géométriques du dual des graphes des contraintes. Pour qu'un dual soit "réalisable",il faut qu'il soit planaire.Malheu--reusement,cette méthode est fort discutable du point de vue du critère de réductibilité de l'espace des solutions possibles (I.4.);

si on a trop de contraintes,il n'y a pas de solutions réalisable,et s'il n'y en a pas assez,il y a trop de solutions réalisa--bles;dans les deux cas,il faut reformuler la représentation du problème en redéfinissant le groupe des contraintes.
La reformulation des contraintes signalée ci-dessus revient à réaliser l'arbitrage entre différents critères.Pourquoi alors ne pas représenter ces critères par une fonction objectif dans un problème d'optimisation. L'arbitrage en question pourrait y apparaître explicitement sous la forme de coefficients d'arbitrage qui réaliseraient la pondération nécessaire.
D'où le troisième type d'approche:

III.1.2.2.Approche par Optimisation.

K.Schlager (réf.49) a été le premier à utiliser l'optimisation pour tenter d'obtenir des plans d'utilisation des sols.Il présente l'ensem--ble des plans possibles et le problème de design sous la forme d'un programme linéaire.La fonction économique à minimiser représente les coûts de développement des différentes activités urbaines à affecter, et les contraintes représentent les interdépendances entre activités (coexistence entre activités d'une même zone ou de zones distinctes) et les autres critères que les coûts de développement (disponibilités du sol,densités,...).

L'occasion m'a été donnée dans un autre travail (réf.56) d'analyser ce modèle et de le développer en essayant d'y intégrer le critère accessibilité entre les différentes activités (réf.26).La conclusion de cette étude est qu'il est très difficile de traduire ce critère sous la forme de contraintes linéaires,et cela à cause de son caractère essentiellement discret.Par contre,il m'a été possible de faire entrer un critère général d'accessibilité dans la fonction économique.De façon plus précise,ce terme supplémentaire traduit le fait que la quantité d'une activité qu'on peut implanter dans une zone déterminée doit être d'autant plus petite que cette zone est très inaccessible géographiquement à partir des autres zones et que l'activité en question entretient de nombreuses relations avec les autres activités. Il s'agit donc d'un coût "accessibilité-interaction".Il présente

l'avantage de fournir une formulation de la fonction économique qui tient compte du réseau de transport,lorsque la topologie de celui-ci est donnée à priori;ceci constitue une importante amélioration du modèle initial de Schlager.Notons toutefois qu'il ne me paraît pas possible,dans un programme linéaire,de traiter le réseau de transport de façon endogène.

Ce type de modèle présente malheureusement de nombreux inconvénients qui sont inhérents à la nature de la méthode mathématique utilisée et aux hypothèses qu'elle suppose.Les problèmes d'aménagement sont en effet essentiellement discrets et discontinus;le sol est découpé, subdivisé de façon discrète;on implante ou on implante pas telle activité dans telle zone;on construit ou on ne construit pas telle liaison routière;on divise tel secteur d'activité en autant d'activités partielles,...Vouloir ramener ces problèmes à des programmes linéaires ne peut traduire qu'une déformation relativement importante de la réalité.
Schlager considère que l'hypothèse de linéarité de la fonction économique n'est pas une restriction sévère parce que les approxima--tions introduites par cette hypothèse sont habituellement moins graves que les erreurs relatives à l'estimation des coûts unitaires qui apparaissent dans cette fonction (justification qui me paraît peu orthodoxe),mais il reconnaît lui-même que la linéarité des con--traintes constitue un problème beaucoup plus grave.

Dans une étude analogue,I.Gabbour (réf.14)est arrivé sensiblement à des conclusions similaires en intégrant également dans la fonction objectif un coût de transport relatif aux mouvements des biens et personnes à l'intérieur de la zone étudiée.

Il reste que ce type de modèle peut s'avérer très utile dans une première phase de design,lorsqu'une simplification de la réalité est justifiée par la nécessité de fournir les lignes directrices princi--pales d'un développement dans un temps assez court.

D'autres méthodes se sont développées.
Construire des modèles sous la forme de problème d'optimisation présente en effet bien des avantages.On peut représenter explicitement les arbitrages entre objectifs grâce à différents poids dans la fonc--tion objectif (les coefficients d'arbitrage dont j'ai parlé à plusieurs reprises).Cet avantage est très utile en aménagement où les critères politiques,économiques,sociaux et écologiques jouent un rôle important et qu'il s'agit de les évaluer et d'arbitrer entre-eux, explicitement.
Certes,toutes les difficultés mathématiques sont cumulées pour les problèmes de planification urbaine:les problèmes sont souvent mal définis,essentiellement complexes et de nature combinatoire,et d'un point de vue strictement mathématique,les variables sont souvent discrètes,les fonctions et contraintes non linéaires et non nécessaire--ment classiques...Heureusement,la programmation mathématique a fait de nombreux progrès ces dix dernières années.
Ainsi,à côté des procédures de pure optimisation (programmation linéaire,dynamique,dérivations et mise à zéro...) se sont développées d'autres méthodes,visant elles aussi à guider le choix dans l'ensemble des solutions possibles (c'est à dire à dégager la ou les meilleures solutions),mais sans que la responsabilité en soit exclusivement confiée à une fonction unique devant aboutir à la sélection d'une solution théoriquement la meilleure.Ces méthodes sont englobées sous l'expression "procédures d'exploration".

III.2.OPTIMISATION A L'AIDE DE PROCEDURES D'EXPLORATION. (réf.21,28,29, 47 et 48)

III.2.1.GENERALITES.JUSTIFICATION.

D'une façon générale,un problème d'optimisation se présente comme suit:

Dans un univers U regroupant les "décisions" jugées réalisables (il faut entendre par là aussi bien des actions que des situations,des formes,des plans,...),on envisage le sous-ensemble A des décisions auxquelles on s'intéresse;il peut s'agir de la totalité des décisions réalisables,ou plus généralement seulement de celles d'entre-elles qui présentent un intérêt certain et que l'on qualifie d'admissibles par exemple.Ce qui nous occupe,c'est de guider un choix au sein de A.

Soit alors l'application $\rho : A \longrightarrow C$
pour laquelle chaque élément (chaque solution) a de A se voit associer une gamme de conséquences $\rho(a) \in C$
sur base de laquelle cet élément a doit être apprécié et comparé aux autres.

Dans le cadre des problèmes qui nous occupent ici,l'introduction d'une fonction objectif Φ (fonction économique) permet de ramener le problè--me de choix à celui de la recherche d'un élément de A qui confère à Φ (fonction définie sur A) sa valeur extrémum sur A.Le problème est théoriquement résolu si l'on connaît une procédure d'optimisation permettant d'isoler un tel élément de A.

La programmation linéaire est une telle procédure,mais comme je l'ai signalé précédemment,elle s'avère difficilement utilisable en aména--gement parce que la réalité des phénomènes urbains ou régionaux n'est guère représentable sous la forme de relations linéaires utilisant des variables continues.

Bref,d'une façon générale,les méthodes de recherche exacte,rigoureuse et exclusive d'un optimum apparaissent souvent insuffisantes et cela pour les raisons suivantes:

1.L'optimum n'étant pas à priori quelconque dans A (c'est un sommet du polyèdre en programmation linéaire),ces procédures en tirent profit,mais elles sont inaptes en revanche à isoler d'autres éléments (des points intérieurs au polyèdre par exemple),alors qu'en aménage--ment,le concept d'optimalité étant extrèmement relatif,on peut être amené à rechercher d'autres "bonnes" solutions.

2.La validité de ces procédures étant étroitement liée à la nature mathématique de A et Φ,cela interdit toutes sortes (non linéarité, discontinuités,...) d'adaptation de A et Φ à une réalité quelque peu complexe.

3.L'optimum étant trouvé,l'étude de son voisinage (ainsi que l'intro--duction de critères secondaires) n'est pas un prolongement naturel de ces méthodes.

D'où les PROCEDURES D'EXPLORATION annoncées.

III.2.2.PRESENTATION DES PROCEDURES D'EXPLORATION.

La plupart de ces méthodes sont constituées de trois étapes:

a)Phase de représentation.Cette phase a pour objectif la caractérisa--tion de l'ensemble des plans possibles.Elle est l'aboutissement de tout le processus de conceptualisation et de formalisation de l'ensem--ble objet-problème.

b)Phase de decomposition.Si elle existe,cette phase a pour but de décomposer le problème en sous-problèmes relativement indépendants. C'est une phase de découpage,de structuration.

c)Phase d'exploration proprement dite.Elle regroupe l'ensemble des opérations (exploration,évaluation,sélection...) qui constituent le processus même de conception.Son rôle est de générer effectivement une (ou des) solution(s) optimale(s).

Ces procédures d'exploration sont divisées en deux catégories:

A.Les méthodes exactes.Ce sont celles dont on a la certitude (mathéma-
-tique) qu'elles aboutissent à l'optimum.
B.Les méthodes heuristiques.Ce sont celles pour lesquelles on n'a pas la garantie mathématique qu'elles aboutissent à la solution optimale.
Ces méthodes heuristiques sont de trois types:

- -Exploration aléatoire ("random sampling").
- -Méthode séquentielle ("constructive method").
- -Exploration dirigée ("hill-climbing").

Les méthodes exactes sont souvent très coûteuses.Elles sont surtout utiles pour tester la qualité des méthodes heuristiques (I.4.): proximité de la solution "optimale" heuristique avec la solution qu'on obtient avec une méthode exacte.

III.2.3.PROCEDURES EXACTES D'EXPLORATION.(*)

D'une façon générale,la plupart des procédures exactes utilisées pour l'optimisation en combinatoire sont des méthodes d'énumération implicite se rangeant sous l'étiquette "branch and bound",laquelle peut être comprise comme précisant que la sélection et l'élimination d'éléments de A repose sur l'introduction de bornes (inférieures ou supérieures);le terme "branch" se réfère à l'organisation arborescente qui traduit l'exploration (et plus précisément un algorithme de séparation -voir ci-dessous).Cette acceptation conduit notamment à ranger sous cette étiquette les Procédures par Séparation et Evalua-
-tion Progressive (P.S.E.P.) qui sont les plus fréquentes.

Une P.S.E.P. est applicable à de nombreux problèmes faisant intervenir un ensemble A de décisions (solutions) réalisables (ou plus souvent

(*)Pour de plus amples détails,le lecteur pourra consulter l'ouvrage de B.Roy,réf.47.

admissibles) plongé dans un univers U (ensemble des solutions possi--bles),un critère principal Φ (fonction objectif) et éventuellement des critères secondaires $\psi_1, \psi_2, \ldots$
Dans le modèle dont il sera question en III.3.,l'existence de critères secondaires n'a pas été envisagée (bien qu'il soit relativement aisé de les faire intervenir).

Soient donc
- U:ensemble des solutions possibles;
- A:ensemble des solutions réalisables;$A \subset U$;
- Φ:fonction objectif;c'est une application $\Phi: A \longrightarrow R$ qui associe à tout $a \in A$ une valeur $\Phi(a) \in R$,où R représente l'ensemble des nombres réels.

La fonction objectif Φ est définie de façon que $\Phi(a) < \Phi(a')$ signifie que le (ou les) critère(s) associé(s) à Φ conduit(sent),dans un problème de minimisation,à préférer a à a'.

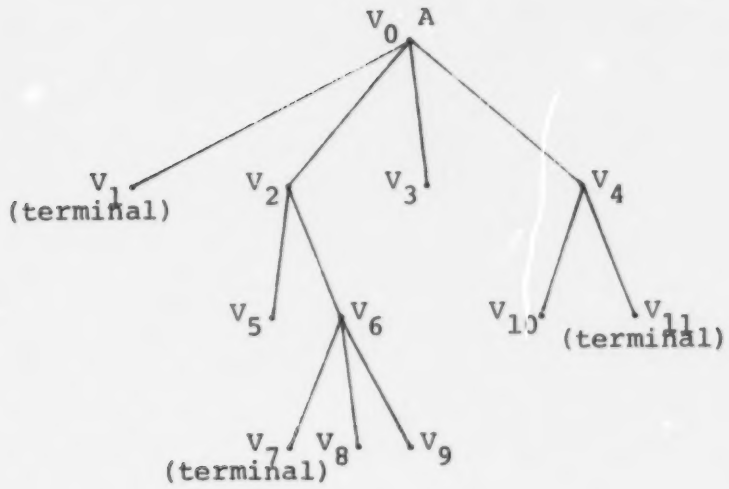
On définit une fonction seuil δ^* de la façon suivante:

$\delta^*(\Phi_1, \Phi_2) = 0$ si les deux valeurs Φ_1 et Φ_2 de Φ sont suffisement proches: $|\Phi_1 - \Phi_2| < \varepsilon$.

$\delta^*(\Phi_1, \Phi_2) = 1$ dans le cas contraire.

Le problème est le suivant (minimisation):
- -Soit trouver une solution optimale a*,c'est à dire telle que $\Phi(a^*) \leqslant \Phi(a)$,quel que soit $a \in A$.
- -Soit trouver une solution satisfaisante,c'est à dire trouver a tel que $\delta^*\{\Phi^*, \Phi(a)\} = 0$ où Φ^* est la valeur optimale.

L'idée fondamentale d'une P.S.E.P. est une exploration organisée de manière à engendrer une succession de parties de A que l'on subdivise progressivement;autrement dit,on procède par "grappes".(Chaque partie mise à jour contient un certain nombre d'éléments,c'est à dire de décisions,solutions réalisables...)



La procédure repose:

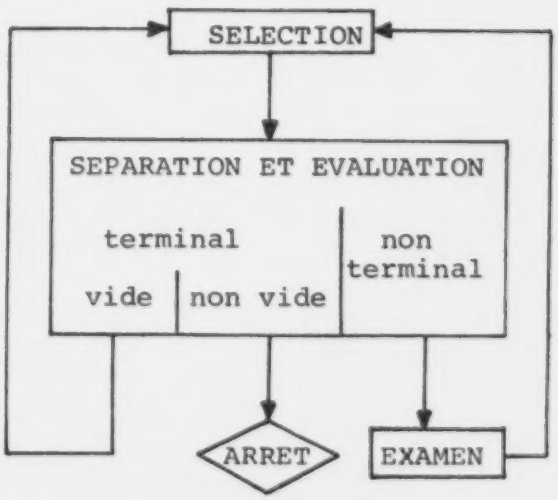
1.Sur un principe de séparation.
Celui-ci est défini de façon à partager l'ensemble A en sous-ensembles V_q de plus en plus petits.L'indice q traduit l'ordre dans lequel ces sous-ensembles apparaissent.

2.Sur des règles d'examen et de sélection.
Elles ont pour fonction,après chaque séparation,d'éliminer certains des sous-ensembles obtenus et à sélectionner parmi ceux qui restent celui auquel le principe de séparation peut à nouveau être appliqué.Ces règles d'examen et de sélection reposent elles-mêmes sur une fonction d'évaluation v.Cette fonction est une application qui à chaque sous-ensemble V_q,résultant d'une séparation,associe une valeur v(q) conçue pour apprécier,par défaut ou par excès (selon que l'on recherche un minimum ou un maximum),la fonction Φ sur le sous-ensemble V_q.Cette fonction d'évaluation est nécessaire car on ne connaît pas nécessai-rement le minimum ou le maximum de Φ sur un sous-ensemble V_q obtenu d'une séparation;il faut donc passer par le biai d'une borne inférieure ou supérieure -v(q)- de Φ sur V_q.
Envisageons par exemple le cas de la recherche d'un minimum.Supposons que $\Phi(a_0)$ soit la valeur de Φ pour "la meilleure solution complète connue jusque là" (par solution complète,il faut comprendre "solution où toutes les décisions partielles ont été envisagées et ont donné

lieu effectivement à décision"),et que l'on puisse prouver que la borne inféieure v(q) de ϕ sur le sous-ensemble V_q est telle que $v(q)>\phi(a_0)$,alors on est certain de pouvoir rejeter toutes les solutions que représente V_q.

En fait,le principe de séparation et les règles d'examen et de sélection doivent satisfaire un ensemble d'axiomes dont le rôle est de préciser les lois du cheminement dans l'arborescence et les lois d'arrêt du cheminement le long d'une branche.

L'ensemble de la procédure traduite en programmes d'ordinateur est une suite d'itérations constituées chacune de trois phases (sélection, séparation et évaluation,examen).Ces consignes opératoires sont organisées schématiquement comme suit:



(Un sous-ensemble V_q est qualifié de "terminal" si le principe de séparation conduit à ne pas séparer V_q).

III.2.4.PROCEDURES HEURISTIQUES D'EXPLORATION.

A.Exploration aléatoire.("random-sampling")
On génère de façon aléatoire un plan à partir de l'ensemble des plans possibles.Cette méthode comprend:

- -un processus de construction qui,étant donné des conditions initiales $\omega \in \Omega$ (Ω étant un ensemble caractérisant le champ de variation permis pour ω),permet de construire une décision admissible $a(\omega) \in A$;
- -une épreuve d'initialisation dont l'issue,soumise au hasard, détermine ω dans Ω .

Cette procédure peut être répétée de façon à faire apparaître une succession aléatoire d'éléments de A.

B.Exploration dirigée.("hill-climbing")
La multiplicité des éléments de A engendrés dans une procédure d'explo--ration aléatoire tient à la diversité des conditions initiales auxquelles le hasard a donné naissance.Ici,c'est en se dirigeant d'un élément vers un second,de ce second vers un troisième...que l'on réalise cette multiplicité.Ces passages d'une solution à l'autre sont réalisés à l'aide de règles systématiques qui visent à améliorer la solution "courante" par petits ajustements successifs.
Par exemple,on part d'un plan complet (c'est à dire un élément de A) que l'on améliore progressivement:permutation des activités,par exemple,dans le cas d'un problème d'optimisation de l'utilisation des sols;élimination et insertion d'arêtes dans le cas d'un problème de conception optimale d'un réseau de transport,etc...On interrompt la procédure lorsqu'on ne peut plus obtenir d'amélioration par aucun ajustement.On alors obtenu un "optimum local" qui dépend de la solution choisie au départ.

C.Méthode séquentielle.("constructive method")(réf.55)
Un élément de A est construit progressivement,compte tenu d'un ou plusieurs critères d'évaluation,par addition séquentielle des "objets" le constituant.Le plan "optimal"est donc construit petit à petit en

ajoutant à chaque pas de la procédure "l'objet" qui maximise le rapprochement vers l'optimum.Le plan final est un "optimum local" qui dépend de la décision initiale qui engage la procédure.

Les deux méthodes , hill-climbing et méthode constructive,ont donc aussi recours à une fonction objectif qui est utilisée pour guider le choix des meilleures décisions partielles.Par exemple,dans une méthode de hill-climbing portant sur l'affectation d'activités urbaines sur une grille,à chaque nouveau pas de la procédure on choisira la permutation d'activités qui entraîne la diminution la plus grande de la fonction à minimiser.

Il importe de souligner que les méthodes constructives et de hill-climbing aboutissent à des optima locaux qui dépendent des premières décisions engageant le processus:différentes initialisations pour une même méthode peuvent aboutir à différents optima locaux parmi lesquels peut se trouver l'optimum global.

Les trois types de méthodes heuristiques peuvent être combinées entre-elles.Par exemple,on peut engendrer de façon aléatoire des plans qui servent de point de départ à une méthode de hill-climbing;on aboutit à plusieurs optima locaux parmi lesquels on choisit le meilleur.On peut également appliquer une méthode de hill-climbing au plan obtenu par une méthode constructive.

III.3.LES PROBLEMES DE PLANIFICATION DE L'UTILISATION DES SOLS ET DU RESEAU DE TRANSPORT.

III.3.1.GENERALITES.

Les modèles de planification fondés sur les procédures d'exploration qui viennent d'être présentées sont récents;ils ont été développés durant les cinq dernières années et sont donc encore à l'état expéri--mental.Ils m'apparaissent actuellement comme les plus aptes à parve--nir à une planification du système urbain telle que présentée dans la première partie de ce mémoire (et compte tenu des difficultés inhérentes à ce type de problème-I.3.1.).
Aux paragraphes I.1.2.1. et I.1.2.2.,la relation fondamentale entre l'utilisation du sol et le système de transport a été soulignée.En fait,"la plupart des objectifs qui peuvent être poursuivis (la liberté des choix dans la ville,la facilité des déplacements,l'équilibre et la variété des activités,la réduction de la congestion spatiale...) dépendent de l'accessibilité.Du point de vue de la planification physique,l'accessibilité dépend simultanément du plan d'utilisation des sols et du plan de transport".(réf.29).
Cette constatation est à l'origine du modèle de design développé par M.Los (voir III.3.2.) et de celui de L.Lundqvist (réf.31).Ces deux modèles ont pour objectif l'optimisation intégrée du plan d'utilisa--tion des sols et du plan de transport.Notons cependant que,vers les années 50,d'autres auteurs (R.B.Mitchell et C.Rapkin notamment,réf.34) avaient déjà souligné et analysé le rapport réciproque entre le trafic urbain et l'utilisation des sols.

Mais dans la plupart des cas,les deux problèmes de design ont été abordés séparément.(réf.28,29,31 et 49).
Le problème de l'utilisation des sols a été formulé par K.Schlager (III.1.2.2.) sous la forme de programme linéaire,par T.Koopmans,M. Beckmann,P.Gordon,Mc.Reynolds,Brotchie et M.Los sous la forme du "problème d'affectation quadratique".M.Los notamment a résolu ce problème par une méthode de branch and bound dont l'algorithme d'explo--ration est fondé sur une fonction d'évaluation dûe à Lawler:il a

également résolu le problème par des procédures heuristiques de hill-climbing et constructives.
Le problème de l'optimisation du réseau de transport a été traité par : Scott,Boyce,Farhi,Weischedel,Hoang Hai Hoc,Billheimer, Dionne et M.Los.Ce dernier,notamment,a résolu ce problème du réseau optimal par une méthode de branch and bound et par une méthode de hill-climbing.

III.3.2.MODELE DE PLANIFICATION INTEGREE SOLS/TRANSPORT.

Il n'est bien sûr pas question de décrire en détail le modèle de M. Los (réf.28).Je lui ai réservé le dernier paragraphe de ce mémoire parce que c'est le modèle qui a le plus retenu mon attention et que l'occasion m'a été donnée de participer quelque peu à son prolongement. Ce modèle me paraît d'ailleurs le plus complet actuellement.
Notons immédiatement que dans les travaux de M.Los,très souvent des procédures d'exploration différentes sont utilisées pour une même formulation de l'ensemble objet-problème;selon ma définition (I.3.2.) d'un modèle de design,il s'agirait donc en fait de modèles distincts; afin de ne pas compliquer inutilement l'exposé qui suit,je supposerai qu'il s'agit d'un seul modèle.

D'une façon générale,il s'agit d'un modèle à caractère discret;il y a n activités à affecter en n localisations (zones);les variables endogènes liées à l'utilisation des sols indiquent dans quelle zone le modèle choisit de localiser chacune des activités;quant à la conception du réseau de transport,elle est réalisée à partir d'un réseau "maximum" donné à priori;ce réseau maximum est un ensemble d'arêtes potentielles parmi lesquelles le modèle choisit celles qui doivent effectivement être construites;les variables endogènes liées au réseau de transport indiquent donc le fait qu'une arête est cons--truite ou non.

La fonction objectif représente l'arbitrage entre les avantages et les inconvénients du plan de développement qui porte à la fois sur

l'utilisation des sols et le réseau de transport.De façon plus précise, les critères repris par cette fonction objectif sont les suivants:

1.Coûts d'implantation des activités.
Coûts d'affectation de chaque activité en chaque zone.

2.Coûts de développement du réseau de transport.
Coûts de construction des arêtes potentielles.

3.Coûts de transport proprement dit.
La matrice des coûts de déplacement est endogène puisque ces coûts dépendent du réseau,lequel est déterminé,conçu par le modèle lui-même.Le coût de déplacement d'une zone à l'autre est défini comme la somme des coûts des arêtes qui constituent le plus court chemin entre ces deux zones,sur le réseau conçu par le modèle.(Ces plus courts chemins sont donc inconnus au départ;ils ne sont déterminés qu'une fois le réseau fixé).La matrice des coûts de déplacement associés aux arêtes du réseau maximum (impédances directes) est bien sûr exogène.Les demandes en déplacements entre les activités sont (dans cette première version du modèle dont je parle actuellement) également données de façon exogène.

Dans ses derniers travaux,M.Los signale que le coût d'implantation des activités comprend en fait un coût de développement proprement dit et un coût de congestion,ce dernier traduisant l'influence du critère densité (consommation de l'espace).Ce coût de congestion est d'ailleurs également envisagé par L.Lundqvist.(réf.31).

Dans sa version originale,ce modèle ne pouvait prendre en compte que des critères d'environnement (existence d'une ligne électrique,innon--dations fréquentes,...) qui ne dépendent pas de la localisation relative des activités,mais seulement de la localisation de chaque activité,considérée indépendamment des autres:il suffit d'introduire ces critères dans les coûts de développement.
Un travail récent m'a conduit à envisager la possibilité de tenir compte des effets externes entre activités,telle la pollution,c'est à dire d'intégrer au modèle de Los des critères de planification qui

soient relatifs à la localisation des activités les unes par rapport aux autres.La conclusion de cette étude (*) est la formulation d'un coût de pollution de l'air qui peut être introduit dans la fonction objectif du modèle de Los.Ce coût traduit l'importance des nuisances entraînées par la pollution dûe aux activités urbaines (industries, chauffage domestique...) d'une part et au trafic automobile d'autre part.Ces dommages sont évalués en fonction (réf.15,16,17,18 et 57):

a)de la structure d'émission des polluants (intensités,localisa-tions,types et quantités d'activités,trafic...)

b)des phénomènes de diffusion des polluants depuis les sources jusqu'aux zones réceptrices;

c)des activités des zones affectées (structure de réception).

Cette formalisation à trois étages est nécessaire pour constituer une représentation agrégée des dommages qui puisse servir de critère de comparaison entre différentes alternatives de plans.(Tel est d'ailleurs le rôle des différents coûts utilisés dans la fonction objectif).La difficulté de cette formulation d'un coût de pollution a été de la réaliser en fonction de la structure d'émission des polluants (cette structure dépend de l'utilisation des sols et du réseau de transport) et de la structure de réception (celle-ci dépend de l'utilisation des sols),c'est à dire finalement en fonction de deux "systèmes" qui sont endogènes au modèle.

Un coût de pollution analogue a été formulé dans le même travail en ce qui concerne la pollution d'un éventuel cours d'eau qui traverse-rait la région à l'étude.Le principe de formalisation de ce coût de pollution des eaux est semblable à celui relatif à la pollution de l'air.

(*)Ce travail a été réalisé au Centre de Recherche sur les Transports de l'Université de Montréal (réf.57).Je signale qu'en fait,la formu-lation à laquelle je suis abouti est relative à une modélisation qui envisage les quantités d'activités comme variables endogènes.Dans un travail récent non encore publié,M.Los a montré qu'effectivement il était possible,moyennant quelques modifications de son modèle initial, de traiter les quantités d'activités de façon endogène.

LES PROCEDURES D'EXPLORATION.

M.Los a mis au point une méthode exacte de branch and bound pour résoudre ce problème qui est une synthèse du problème d'affectation quadratique et du problème du réseau optimal (III.3.1.).Le processus de conception est basé surtout sur les travaux de Koopmans,Beckmann et Lawler pour la partie"utilisation du sol",et sur les travaux de Boyce et Farhi pour la partie "réseau de transport".Cette méthode exacte s'avère très coûteuse dès que le nombre d'activités distinctes dépasse 10.(Si le nombre d'arêtes du réseau maximum est a et le nombre d'activités est n,le nombre de solutions réalisables est majoré par $(n!)x2^a$).

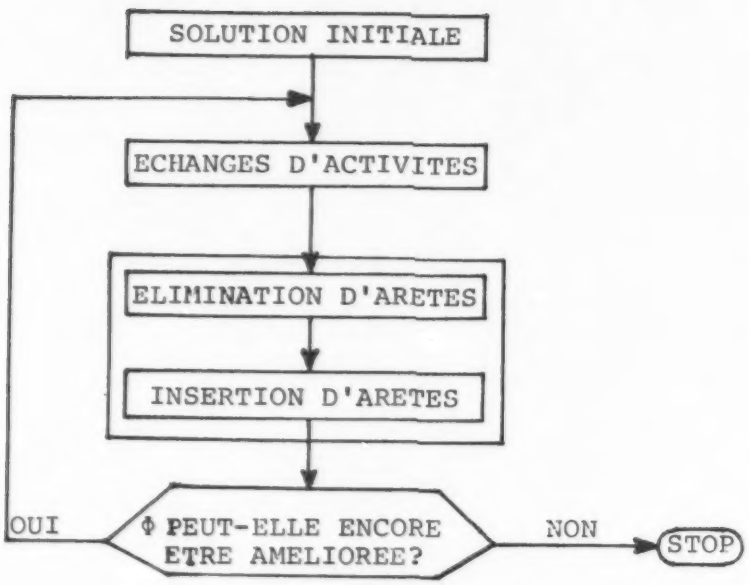
M.Los a développé diverses méthodes heuristiques qui ont été comparées sur des problemes tests.Les méthodes de hill-climbing avec génération aléatoire de solutions initiales se sont révélées les meilleures,c'est à dire les plus aptes à générer des solutions proches de l'optimum global,pour des problèmes relativement importants,tout en conservant une bonne efficacité technique.

Ces méthodes de hill-climbing paraissent donc finalement les plus prometteuses;elles fournissent de bonnes solutions,avec efficacité,et elles sont facilement utilisables pour générer plusieurs optima locaux, ce qui correspond bien au rôle essentiel de la phase de design:générer des solutions ("optimales") suffisamment différentes structurellement que pour justifier chacune d'une évaluation plus détaillée (modèle de prévision).

Ces procédures de hill-climbing se présentent schématiquement comme l'indique le diagramme de la page suivante.

La procédure démarre avec un plan complet,c'est à dire avec une affec--tation spatiale des activités et un réseau de transport (qui peut être le réseau "maximum").

En supposant d'abord le réseau fixe,le programme envisage systémati--quement toutes les permutations d'activités (une permutation affecte les coûts de développement des activités correspondantes,le coût total de transport et les coûts de pollution) et conserve celle de ces permutations qui réduit le plus la fonction objectif Φ.



Ensuite,en supposant l'allocation des activités fixe,le programme envisage les éliminations d'arêtes (une élimination diminue le coût de construction du réseau et affecte le coût total de transport ainsi que le coût de pollution) qui améliore Φ et élimine effectivement l'arête qui entraîne la plus forte diminution de Φ .

Enfin,le programme envisage les insertions d'arêtes qui améliorent Φ et il insère effectivement l'arête qui entraîne la plus forte diminu--tion de Φ .

Cette procédure à trois étapes se fait alternativement (amélioration de l'affectation des activités puis amélioration du réseau) et cesse lorsqu'aucune amélioration de la fonction objectif ne peut plus être provoquée,ni par échanges d'activités,ni par élimination ou insertion d'arêtes.

ANALYSE CRITIQUE DU MODELE DE M.LOS ET PROPOSITIONS POUR DE NOUVELLES VOIES DE RECHERCHE.

Le modèle de M.Los est l'un des premiers à envisager le problème de la planification simultanée d'un plan d'utilisation des sols et d'un plan de transport.Là est son intérêt majeur.(Notons que le modèle de L.Lundqvist semble présenter les mêmes caractéristiques).
Il faut cependant se rendre compte que ces modèles supposent diverses hypothèses simplificatrices dont les implications sont importantes.Les pages qui suivent visent à mettre en évidence ces simplifications et à élargir le champ de notre réflexion,vers de nouvelles voies d'étude. Si des améliorations peuvent être apportées à ce type de modèle,c'est en effet dans le sens d'une réduction des hypothèses en question.

Quatre hypothèses sont fondamentales.

1.Les localisations possibles et les activités doivent être définies à priori.

Il s'agit d'un problème de découpage,d'une part de la région en zones, et d'autre part de la vie urbaine (et régionale) en activités,ces deux découpages devant bien sûr correspondre l'un à l'autre d'une certaine façon.
Sur quels critères procéder à ces découpages?Quelles sont les dimen--sions optimales d'une zone?Sur quels critères regrouper des activités distinctes en une activité unique pour le modèle?...Voilà autant de questions auxquelles seule l'application du modèle à des situations réelles pourrait apporter des réponses.

2.Le modèle est essentiellement statique.

En d'autres termes,il ne tient nullement compte de l'aspect dynamique du développement de l'agglomération.En réalité,les opérations de développement sont discrètes dans le temps;il s'agit donc que les décisions soient ajustées et organisées en fonction des priorités (qu'il faut donc définir au préalable...),des besoins nouveaux qui peuvent apparaître au cours du développement,des changements du

contexte socio-économique,etc...

3.Les interactions sont supposées connues et indépendantes des coûts de déplacements.

En réalité,les déplacements effectifs dépendent des coûts de déplace--ments d'une zone à l'autre et des phénomènes de congestion et d'élas--ticité de la demande en déplacements,phénomènes qui sont eux-mêmes fonction du réseau.Cette hypothèse d'indépendance des interactions (déplacements) entre activités vis à vis des coûts de déplacements est d'autre part responsable de la non prise en considération de la hiérarchie de certaines activités.Ce point a déjà été souligné en I.3.6.Il s'agit du problème des interactions avec la plupart des services publics;toute la demande en déplacements entre une zone résidentielle par exemple et les activités d'enseignement conduit à des déplacements effectifs presque exclusivement distribués entre cette zone résidentielle et les écoles les plus proches,les déplace--ments vers les autres écoles restant nuls.En d'autres termes,en plus du problème de la localisation des activités se pose le problème de l'allocation de la demande en déplacements vers les services publics.

Quelques travaux ont déjà été réalisés qui pourraient amener des éléments de réponse.

a)Dans une étude récente (*),M.Los présente une formulation du coût total de transport qui tient compte des phénomènes de congestion et de demande variable. Cette formulation est inspirée des travaux de S.Nguyen sur les modèles d'équilibre pour l'affectation du trafic sur le réseau.(réf.35).

b)Le problème de la localisation des services publics est traités par

(*)Non encore publiée.(consulter le Centre de Recherche sur les Transport de l'Université de Montréal).Ce travail,je l'ai signalé dans un renvoi précédent,traite les quantités d'activités de façon endogène.

certains auteurs à l'aide d'algorithmes que A.J.Scott appelle "location-allocation algoritms".Leur caractéristique principale est de tenir compte explicitement de la hiérarchie des activités en question.(réf.45 et 50).De façon plus précise:
Revelle et Swain ont mis le problème de la localisation des services publics sous la forme d'un programme linéaire.La fonction objectif de leur modèle traduit la minimisation du coût total des déplacements des habitants vers les services.La contrainte principale est un nombre donné d'unités de service.
Teitz et Bart ont utilisé une procédure heuristique pour le même problème.
Rojeski et Revelle ont envisagé le problème sous une forme un peu plus générale en remplacant la contrainte de limitation du nombre d'unités de service par une contrainte budgétaire.
Ces différents travaux adoptent donc l'accessibilité des unités de service à partir des zones d'habitat (à chacune de ces zones étant attaché une certaine demande,c'est à dire une certaine attractivité) comme critère de localisation.

A.J.Scott reste cependant celui qui a le plus étudié ce problème,en conjuguant l'aspect hiérarchisé de la localisation-allocation relative aux services publics et l'aspect dynamique du problème.Scott distingue deux stratégies:
D'abord une stratégie "myope" qui réalise les localisations à interval--les réguliers,en optimisant le système tel qu'il se présente à chaque période.Chaque localisation devient donc sous-optimale pour les périodes suivant son affectation.(Il s'agit donc d'un modèle tactique plutôt que stratégique).
Ensuite,une stratégie globale qui envisage l'optimisation sur l'ensem--ble des périodes,vis à vis d'un certain horizon.Scott montre que, pour un horizon suffisamment éloigné,un modèle dynamique de "location-allocation" conduit à une structure spatiale identique à celle qui serait produite par un modèle purement statique,moyennant certaines hypothèses.Le problème consiste alors,en se donnant la solution statique correspondante comme objectif,à déterminer la séquence opti-

-male des opérations qui aboutissent à cette situation finale,optimale à long terme.

c)Constatant d'une part qu'un modèle du type de celui de M.Los localise toutes les activités simultanément (c'est à dire suppose que toutes les activités sont de même niveau hiérarchique),mais que d'autre part les algorithmes de localisation des services publics envisagent au contraire la hiérarchie des activités,L.Hopkins (réf.24) propose de combiner les deux types d'algorithmes de façon à localiser toutes les activités à la fois,tout en tenant compte implicitement de leur hiérarchie.

d)Enfin,dans l'une de ses dernières études (réf.30),M.Los a montré qu'il était possible de traiter à la fois les interactions fixes et les interactions hiérarchisées sans faire appel aux "location-allocation algorithms" en question.

4.La topologie du réseau "maximum" est fixée à priori.
Le réseau contenant toutes les arêtes potentielles doit être précisé à l'avance;il n'y a pas possibilité de faire apparaître de nouveaux noeuds par la suite.

Je me propose dans ce qui suit d'élargir cette critique en m'interro-geant davantage sur la méthodologie que suppose ce type de modèles, sur leur utilité et leur "qualité".(Il s'agit toujours des modèles comme ceux de Los et de Lundqvist).
Ces modèles tiennent-ils compte des critères qui effectivement déterminent le plus la structure,la forme...d'un développement urbain et régional?Quelles sont la validité,la signification et l'utilité de l'optimisation réalisée par ces modèles?L'impact de cette optimisa-tion sera-t-il effectif?
A quels types de situations sont-ils applicables?Comment envisager leur utilisation efficace dans le cadre du développement d'une

agglomération existante?Comment les intégrer à un contexte où de nombreuses décisions sont faites à priori et extérieurement au designer?...

Le premier problème est celui de la pertinence des critères retenus dans la fonction objectif en regard de la pratique urbanistique.Il n'est pas question -nous en avons discuté longuement- pour un modèle de design de reproduire cette pratique,mais bien de concevoir un "jeu" dont les règles sont articulées autour des critères principaux de cette pratique.
En fait,la pertinence des critères choisis dépend de chaque problème, de chaque situation particulière.Il en est cependant certains,parmi les critères possibles,qui interviennent chaque fois de façon signifi--cative.De ce point de vue,on peut sans doute reprocher aux modèles de Los et de Lundqvist de ne pas envisager l'influence des infrastruc--ture de service (transport en commun exigeant des travaux importants, tel le métro;distribution en eau,gaz...) et leurs coûts qui,en réalité, sont fort importants parce que relatifs précisément à des éléments structurants pour l'ensemble d'un développement.En raison du caractère discret des décisions urbanistiques,ou bien on construit des infra--structures insuffisantes vis à vis de la demande (et dans ce cas,le système deviendra rapidement sous-optimal),ou bien on décide l'implan--tation d'infrastructures "plus que nécessaires" et dans ce cas on sait que cette majoration induit rapidement un supplément de demande locale concernant l'habitat,le commerce...Le choix d'une ligne de métro,par exemple,est l'un des éléments les plus déterminant pour la forme que prend un développement urbain;il est le moteur essentiel d'une extension longitudinale à la fois de l'habitat et du commerce. Bref,on peut reprocher aux modèles en question de n'envisager qu'indi--rectement (par les coûts de développement) l'importance des décisions concernant toutes les infrastructures de service (autres que le réseau routier).Ces infrastructures sont essentielles parce que structurantes, et de ce fait,les plus influentes sur la forme d'un développement et la valeur "optimale" de la fonction objectif qui lui correspond.

Ce problème est d'autant plus délicat que ces éléments structurants (de même que les axes de communication importants,comme les tronçons d'autoroute par exemple)ne peuvent pas toujours être conçus,localisés en toute liberté.Dans de nombreuses situations,ces éléments ou bien constituent les prolongements d'un réseau existant,ou bien ont des coûts tels qu'il faut les localiser dans les lieux que la topographie impose;dans les deux cas,les degrés de liberté du planificateur s'en trouvent réduits.Cette constatation concerne d'ailleurs,d'une façon plus large,toutes les options globales d'un projet:choix des axes de développement,des zones principales...

Le problème est complexe et délicat.Il se résume en deux aspects:

Tout d'abord,il faudrait envisager l'influence spécifique des éléments urbanistiques qui constituent l'infrastructure d'un développement.Que les décisions concernant ces éléments soient prises à priori ou de façon endogène au modèle,il s'agira de décisions essentielles;la différence entre les valeurs optimales correspondant à deux plans de développement où les éléments structurants sont différemment organisés sera sans doute plus importante que la différence entre la meilleure de ces deux valeurs et celle associée à un plan organisé,sans optimi--sation,autour des éléments structurants du meilleur plan.Cela revient à dire que les coûts fixes de développement des activités auront souvent un impact inférieur (à moins que des différences importantes entre les caractéristiques physiques des zones induisent des variations spatiales importantes de ces coûts fixes) à celui des coûts de développement (et de fonctionnement) des éléments structurants.Il serait donc utile que ces éléments structurants ressortent davantage de la formalisation.

En second lieu,il paraît nécessaire de tenir compte du fait que les décisions concernant ces éléments structurants sont souvent beaucoup moins libres qu'on ne le suppose,ce qui accentue encore l'importance du premier point souligné ci-dessus.Si des options structurantes sont exogènes au modèle,ce sont elles qui déterminent le plus la valeur des optima;il en résulte que l'optimisation qui sera réalisée autour de ces éléments entraînera des bénéfices relativement peu importants

en regard de l'influence des options structurantes "à priori".Le qualificatif "relativement" est bien sûr important:il souligne que, le plus souvent,l'utilité de cette optimisation ne sera aucunement négligeable;encore une fois,tout dépend de chaque problème particulier, notamment du découpage des activités et des zones,ainsi que de la sensibilité de la fonction objectif aux différents degrés de liberté qui caractérisent le projet.

Le second problème est celui de l'objet même des modèles de ce type. Ne peuvent-ils s'appliquer qu'à la création d'une ville nouvelle,ou bien,comme je l'ai supposé tout au long de ce mémoire,sont-ils susceptibles d'aider à la conception du développement d'une agglomé--ration existante?(Ici à nouveau se pose le problème des infrastructu--res existantes).
Dans le cas du développement d'une agglomération existante,trois attitudes sont possibles:

a)Soit optimiser exclusivement le nouveau développement dans l'espace disponible,sans tenir compte des interactions avec la zone déjà urbanisée.Cette approche est bien sûr la négation même d'un développe--ment intelligent.

b)Soit optimiser exclusivement le nouveau développement,mais en réalisant cette optimisation en tenant compte des interactions avec la partie déjà urbanisée.Cette situation existante n'est pas modifiée, mais elle intervient à l'intérieur du modèle.En fait,tout se passe alors comme si on optimisait l'ensemble (développement et partie déjà urbanisée) mais en fixant à l'avance toutes les "variables" relatives à la situation existante:elles sont introduites sous la forme de variables exogènes,mais elles jouent le même rôle que les variables endogènes.

c)Soit optimiser l'ensemble en donnant la possibilité de modifier certains aspects de la situation existante.Cette dernière approche correspond davantage à la pratique urbanistique pour laquelle on sait que toute opération de développement affecte tout le système urbain, et est donc suivie,à plus ou moins long terme,de diverses opérations

d'ajustement qui,en fait,majorent le coût de l'opération initiale.Il suffit de penser aux fréquents élargissements de chaussées pour se rendre compte de l'importance de ce problème.
Si un modèle de design prétend ainsi optimiser sur l'ensemble,il devra tenir compte des coûts d'ajustements de la partie existante:

-coûts d'amélioration des réseaux existants (routes,transport en commun,gaz,eau...);
-coûts de réaffectation des activités qu'on doit déplacer;
-etc...

C'est sans nul doute l'amélioration des réseaux existants qui présente le plus de difficultés.Un choix doit être fait sur la nature et l'importance des ajustements.Dans de nombreuses villes dont le tissu urbain est compact et délicat,il na faudrait autoriser que peu d'ajustements ayant des impacts physiques importants,alors que pour des villes où la trame urbaine est moins serrée,moins "complexe",on pourrait accepter de plus amples ajustements.Notons que pour ce qui est de l'ajustement du réseau routier existant,la difficulté sera d'associer aux coûts de cet ajustement les problèmes de congestion des déplacements.

En conclusion,je crois que la façon avec laquelle on peut juger de la validité de ce type de modèles dépend avant tout de ce qu'on attend d'un système de planification.
Si le rôle d'un modèle de design est de produire des plans qui "contiennent" les diverses interventions extérieures,décisions poli-tiques et autres "à priori",il est évident que les modèles dont il a été question dans ce mémoire sont irréalistes et inutiles.Mais tel n'est pas le cas.Leur intervention vise à faire apparaître les articu-lations où,précisément,il serait possible d'influencer les pratiques traditionnelles;cela ne veut pas dire qu'un modèle de planification urbaine et régionale peut faire abstraction des décisions et choix "externes" -toute la discussion précédente souligne au contraire la nécessité de tenir compte de ces influences externes- ;ce que je veux dire,c'est que si un modèle doit intervenir une fois adoptée défini-tivement la plupart des options essentielles,les degrés de liberté

du designer peuvent se voir tellement réduits que l'utilité du modèle devient très limitée.
Je concluerai cette brève discussion en soulignant encore une fois l'utilité d'une étude qui regrouperait les problèmes abordés ci-dessus, sans oublier pour autant bien sûr les quatre remarques fondamentales signalées auparavant.Cette étude devrait porter d'une part sur l'inté-gration des coûts d'ajustements des zones déjà urbanisées (essentiel-lement les coûts d'amélioration des réseaux existants),et d'autre part sur l'influence des éléments structurants (et des options "exter-nes") vis à vis des degrés de liberté dont dispose le planificateur.

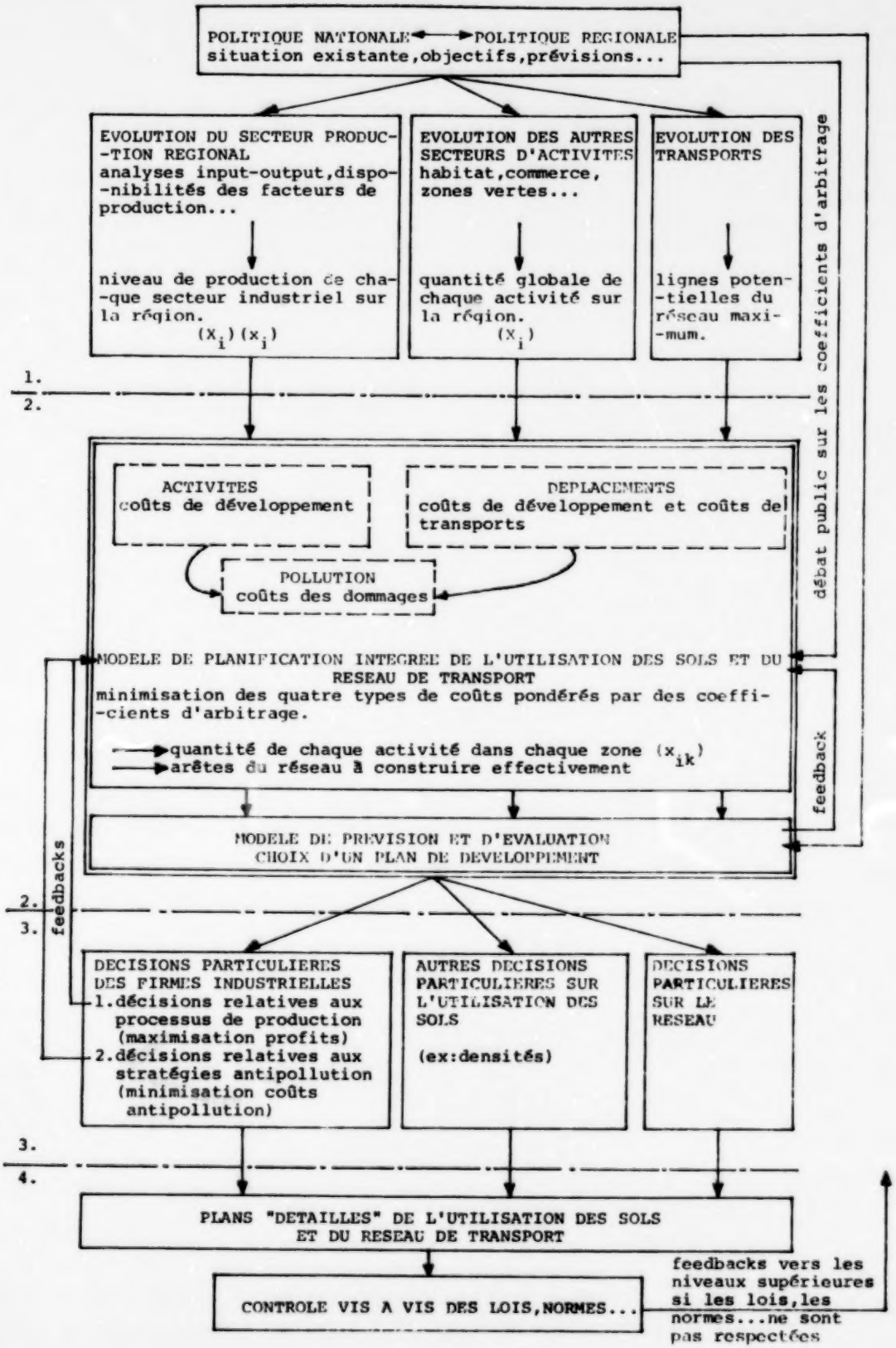
ANNEXE.

Le tableau qui suit montre comment un modèle de planification intégrée du type de ceux de M.Los et L.Lundqvist (III.3.) pourrait s'insérer dans le processus réel de prise des décisions concernant les opérations de développement de l'agglomération.
Ce tableau se veut schématique.Il explicite surtout les niveaux de décisions propres au secteur production de la région parce que c'est lui qui présente le plus de difficultés du point de vue de l'adéquation des décisions privées aux intérêts globaux (notamment à propos du critère pollution) sur lesquels se base l'optimisation du modèle central de planification.
Notons que ce schéma ne reprend que la phase design et la phase prévi--sion/évaluation du processus complet décrit en I.2.1.Il va sans dire que le schéma sous-entend l'existence des autres phases.

La caractéristique essentielle de ce diagramme est de distinguer quatre niveaux de décisions.

1.Au niveau supérieur,on trouve le débat politique,économique et social sur le plan national et régional.
Il en résulte les décisions globales au niveau de la région:
a) Choix pour chaque branche industrielle de son niveau de production sur la région.Ces évaluations des quantités globales X_i d'activités productrices sont réalisées dans le cadre des analyses input-output, des études de disponibilités des facteurs de production,etc...
b) Parallèlement au secteur production,il y a les décisions des quanti--tés globales de chaque autre type d'activité sur la région (habitat, commerce,récréation...).
c) Enfin,pour le secteur transport,il y a choix des arêtes potentielles du réseau à construire.

2.Au second niveau,apparaît l'organisme central de planification spatiale et plus particulièrement le modèle de design régional en question.
A partir des outputs du premier niveau,il s'agit de déterminer les quantités de chacune des activités (de production et autres) à loca-


POLITIQUE NATIONALE ←→ POLITIQUE REGIONALE
situation existante, objectifs, prévisions...
EVOLUTION DU SECTEUR PRODUC--TION REGIONAL
analyses input-output, dispo--nibilités des facteurs de production...
niveau de production de cha--que secteur industriel sur la région.
$(X_i)(x_j)$
EVOLUTION DES AUTRES SECTEURS D'ACTIVITES
habitat, commerce, zones vertes...
quantité globale de chaque activité sur la région.
(X_i)
EVOLUTION DES TRANSPORTS
lignes poten--tielles du réseau maxi--mum.
débat public sur les coefficients d'arbitrage
1.
2.
ACTIVITES
coûts de développement
DEPLACEMENTS
coûts de développement et coûts de transports
POLLUTION
coûts des dommages
MODELE DE PLANIFICATION INTEGREE DE L'UTILISATION DES SOLS ET DU RESEAU DE TRANSPORT
minimisation des quatre types de coûts pondérés par des coeffi--cients d'arbitrage.
→ quantité de chaque activité dans chaque zone (x_{ik})
→ arêtes du réseau à construire effectivement
feedback
MODELE DE PREVISION ET D'EVALUATION
CHOIX D'UN PLAN DE DEVELOPPEMENT
feedbacks
2.
3.
DECISIONS PARTICULIERES DES FIRMES INDUSTRIELLES
1. décisions relatives aux processus de production (maximisation profits)
2. décisions relatives aux stratégies antipollution (minimisation coûts antipollution)
AUTRES DECISIONS PARTICULIERES SUR L'UTILISATION DES SOLS
(ex: densités)
DECISIONS PARTICULIERES SUR LE RESEAU
3.
4.
PLANS "DETAILLES" DE L'UTILISATION DES SOLS ET DU RESEAU DE TRANSPORT
CONTROLE VIS A VIS DES LOIS, NORMES...
feedbacks vers les niveaux supérieures si les lois, les normes... ne sont pas respectées

-liser dans les différentes zones (*),et en même temps,le modèle choisit parmi les arêtes potentielles celles qui doivent effectivement constituer le réseau de transport.
Remarquons que,en ce qui concerne les activités de production,il se peut que les quantités partielles à localiser aient déjà été détermi-nées avec autorité au premier niveau par le secteur production lui-même;je veux dire par là que,pour certaines branches industrielles i, les quantités globales X_i ont peut-être déjà été divisées en une série de quantités partielles x_i et que le rôle du modèle,à ce niveau central,se limite pour ces activités à préciser les indices k signi-fiant dans quelles zones localiser ces x_i.
A ce niveau central,on trouvera ensuite une phase de prévision et d'évaluation des conséquences des différentes alternatives de plans générées par le modèle de design,pour finalement aboutir au choix de l'un de ces plans.

3.A un troisième niveau,on trouverait les décisions plus particulières. Pour le secteur production,il s'agit tout d'abord de prendre les déci-sions relatives aux processus même de production:gamme d'activités, techniques de production,investissements...;ces décisions sont prises de façon classique,par exemple en fonction d'une maximisation des profits,compte tenu du capital,des prix des facteurs de production... Ensuite,le secteur production devrait,à ce même niveau,prendre les décisions relatives aux stratégies antipollution;ces décisions seraient prises individuellement par chaque firme,ou bien dans le cadre d'une stratégie plus globale si une centralisation des décisions en matière d'investissements antipollution est possible.(Il existe des modèles -réf.15,16,17 et 18- réalisant cette planification des investissements antipollution en fonction d'une minimisation de l'ensemble des coûts des activités antipollution).

Pour les autres types d'activités,on peut trouver aussi à ce niveau un ensemble de décisions particulières dans chaque zone.Par exemple,

(*)Ce schéma est donc relatif à un modèle de planification qui envisage les quantités x_{ik} d'activités comme variables endogènes.

compte tenu des quantités d'activités et localisations relatives à l'habitat décidées au niveau central (x_{ik}),il reste ici une grande liberté quant aux choix définitifs des nombres d'étages,c'est à dire des densités nettes.

Pour le secteur transport,il s'agit de préciser la configuration précise du réseau,le nombre de voies,...

4.Enfin,une fois prises les diverses décisions générales et particu--lières,le dernier niveau serait celui du contrôle vis à vis des lois et des normes,celui de l'organisation des systèmes de taxation relatifs à la pollution de l'environnement,celui du contrôle des règlements d'urbanisme,...Ce dernier niveau est celui qui décide s'il doit y avoir un feedback vers les niveaux supérieurs.

Remarque.
Le coût de pollution utilisé par le modèle central (niveau 2) s'appuie en réalité (réf.57) sur une hypothèse importante:il suppose que les techniques de production et les technologies antipollution sont fixées. Or l'examen du processus complet montre que ces techniques de produc--tion et ces activités antipollution seraient choisies,en principe, après la phase centrale de design,c'est à dire après que soient localisées les différentes activités.
Cette ambiguité explique l'existence possible de feedbacks depuis le niveau 3 vers le niveau 2:si les décisions particulières prises au niveau 3 conduisent à des techniques de production et(ou) à des technologies antipollution très différentes des hypothèses qu'on a dû faire au niveau 2 (afin de donner une mesure agrégée des coûts de pollution),il faut soit que les décisions du niveau 3 soient modifiées, soit qu'il y ait feedback vers la phase centrale de façon à ce que celle-ci ajuste ses hypothèses.

CONCLUSION

Diverses conclusions ont été soulignées tout au long de ce travail;il me paraît difficile d'en dégager une déclaration générale.
Si une conclusion globale peut être tirée,c'est la suivante.

La connaissance du système urbain doit nécessairement se fonder sur une théorie générale,profondément axée sur l'analyse des comportements, mais si la théorie constitue la substance même des modèles de prévi--sion,elle n'est que la trame de fond des modèles de planification. Ces modèles de design,au contraire,sont essentiellement axés sur l'action et l'organisation de celle-ci;leur mécanique centrale se fonde sur la logique même des opérations de création,une logique normative;ces modèles constituent l'un des matériaux de ce que H.A. Simon appelle "la science de la conception".

Les développements récents de ces modèles me permettent de croire que la maîtrise et l'organisation systématique du développement urbain et régional est aujourd'hui possible,sous la forme d'une rationalité limitée.

REFERENCES

1.Alexander,C."De la synthèse de la forme"Collection Aspects de l'Urbanisme,Dunod,1971.

2.Arrow,K."Les limites de l'organisation"Collection S.U.P.,P.U.F.,1976.

3.Batty,M.,Hoffman,J.,Logan,J.and Patten,N."Generating physical plans for urban growth:some related design methods"Contact,April 1975, vol.7,No.2.

4.Bernholtz,A.and Bierstone,E."Computer-augmented design"Design Quaterly,66/67.

5.————————and Forsburg,J."A generalized program for transforming relationship values into plan layouts"Faculté de l'Aménagement, Université de Montréal,April 1970.

6.Berry,B.J.L."Land use,urban form and environmental quality"The University of Chicago Department of Geography,Research Paper No. 155,1974.

7.Braffort,R."L'intelligence artificielle"P.U.F.,1968.

8.Cartwright,T.J."Problems,solutions and strategies:a contribution to the theory and practice of planning"J.A.I.P.,vol.39,No.3.

9.C.N.R.S."Les modeles et la formalisation du comportement"Paris VII, 1967.

10.Dreyfus,J."Christopher Alexander ou le mythe de la création scientifique"Vie Urbaine,2/1971.

11.————————"L'enseignement de l'urbanisme en question"Vie Urbaine, 3/1971.

12.Dupagne,A."Proposition pour une méthode de composition architecto--nique assistée"Faculté des Sciences Appliquées,Université de Liège,juin 1972.

13.Faludi,A."Towards a three dimensional model of planning behaviour" Environment and Planning,1971,vol.3.

14.Gabbour,I."The application of design models to land use planning: a critical review of Schlager'smodel"Department of City Planning, University of Pennsylvania,Fall 1965.

15.Guldmann,J.M."Optimisation models of air pollution control strate--gies and location of industries"Research thesis for the degree of Master of Science in Urban and Regional Sciences,Israël Institute of Technology,Haïfa,Israël,May 1973.

16.————————and Schefer,D."Mathematical models of industrial plant location and abatement strategies"Environment and Planning, 1973,vol.5,No.5.

17.————————————"A model of air quality impact on industrial land use allocation"London Papers in Regional Science, 1975,No.5.
18.————————————"Dynamic planning of industrial location and design of central regional air pollution control systems" Center of Urban and Regional Studies Technion,Israël Institute of Technology,Haïfa,Israël,January 1976.

19.Harris,B."The uses of theory in simulation of urban phenomena" J.A.I.P.,September 1966.
20.————"The city of the future:the problem of optimal design" Papers of the Regional Science Association,1967.
21.————"Planning as a branch and bound process"Papers of the Regional Science Association,1971.

22.Herbert,J.D.and Stevens,B.H."A model for the distribution of residential activity in urban areas"Journal of Regional Science, 1960.

23.Herroux,R.L.and Wallace,W.A."On the development of new communities" Socio-Economic Planning Sciences,vol.6,No.3,June 1972.

24.Hopkins,L.D."Optimum-seeking models for design of suburban land use plans"Ph.D.dissertation in City and Regional Planning,Univer--sity of Pennsylvania,December 1975.

25.Hublin,A."L'espace architectural est-il combinatoire?"Neuf,No.34, novembre-décembre 1971.

26.Koenig,G."La théorie de l'accessibilité urbaine.Un nouvel outil au service de l'aménageur"I.P.C.,1974.

27.Leontief,W."Environmental repercussions and the economic structure: an input-output approach"Review of Economic Statistics,52,1970.

28.Los,M."Simultaneous optimization of land use and transportation in new town design"Ph.D.dissertation in City and Regional Plan--ning,University of Pennsylvania,May 1975.
29.———"Aménagement urbain et modèles de planification"Université de Montréal,Institut d'Urbanisme,automne 1975.

30.———"A land use plan design model with fixed interactions and central facility interactions"Centre de Recherche sur les Trans--ports,Université de Montréal,publication #53,novembre 1976.

31.Lundqvist,L."Integrated location-transportation analysis:a decompo--sition approach"Regional and Urban Economics,vol.3,No.3,1973.

32.Manheim,M.L."Problem-solving processes in planning and design" Design Quaterly 66/67.

33.Merlin,P."Méthodes quantitatives et espace urbain"Masson et Cie, Paris,1973.

34.Mitchell,R.B.and Rapkin,C."Urban traffic:a function of land use" Columbia University Press,New-York,1954.

35.Nguyen,S."Une approche unifiée des méthodes d'équilibre pour l'affectation du trafic"Centre de Recherche sur les Transports, Université de Montréal,publication #4,mars 1974.

36.Norberg-Schulz,C."Intentions in architecture"M.I.T.Press,1965.

37.Paris,J."Structuration d'un projet de recherche"If,janvier 1970.

38.————"Tendances actuelles dans la conception du processus de design"Université de Montréal,Faculté de l'Aménagement,décembre 1974.

39.————"Réflexions sur le processus de formulation de plans d'aménagement"Université de Montréal,Faculté de l'Aménagement, mai 1974.

40.————et Jacobs,P."Une méthodologie d'organisation du milieu physique"Université de Montréal,Faculté de l'Aménagement,décem--bre 1972.

41.————and Waterhouse,A."Design model for planning of new residen--tial activities in Toronto region:a pilot study"University of Toronto,May 1971.

42.Piaget,J."La psychologie de l'intelligence"Paris,Collection A. Colin,1947.

43.Potts,R.B.and Oliver,R.M."Flows in transportation networks" Academic Press,New-York and London,1972.

44.Reif,B."Models in urban and regional planning"Intext Educational Publishers,New-York and London,;973.

45.Revelle,C.,Marks,D.and Liebman,J.C."An analysis of private and public sector location models"Management Science,vol.16,No.11, July 1970.

46.Roland,B."Un pas vers la conception automatique,le programme Lokat" G.B.,janvier 1971.

47.Roy,B."Algèbre moderne et théorie des graphes"Tome I,Dunod,1969.

48.————"Algèbre moderne et théorie des graphes"Tome II,Dunod,1970.

49.Schlager,K.J."A land use plan design model"J.A.I.P.,May 1965.

50.Scott,A.J."Dynamic location-allocation systems:some basic planning strategies"Environment and Planning,vol.3,1971.

51.Simon,H.A."La science des systèmes,science de l'artificiel"Epi,s.a., Paris,1974.

52.Simonard,M."Programmation linéaire"Dunod,1962.

53.Stephen,S.S."Linear programming and comprehensive planning:the context of site development"Socio-Economic Planning Sciences, vol.6,No.3,June 1972.

54.Tarte,P.A."Methodologie en architecture"Faculté de l'Aménagement, Université de Montréal.

Travaux personnels.

55."Application des ordinateurs aux problèmes que pose la composition architecturale"Travail de fin d'études,Département Architecture, Faculté Polytechnique de Mons,1973.

56."Planification de l'utilisation des sols et programmation linéaire" Faculté de l'Aménagement,Université de Montréal,avril 1976.

57."Pollution de l'environnement et planification du développement urbain et régional"Centre de Recherche sur les Transports,publi--cation #52,Université de Montréal,octobre 1976.